



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사 학위논문

중학교 과학 교과서의 탐구활동과  
시각자료에 의한 학생들의  
개념 구성 지원 가능성 탐색

Exploring the Possibilities  
of Students' Conception Construction  
through Inquiry Activities and Inscriptions  
in Middle School Science Textbooks

2017년 8월

서울대학교 대학원

과학교육과 생물전공

정 은 진

중학교 과학 교과서의 탐구활동과  
시각자료에 의한 학생들의  
개념 구성 지원 가능성 탐색

Exploring the Possibilities  
of Students' Conception Construction  
through Inquiry Activities and Inscriptions  
in Middle School Science Textbooks

지도교수 김 희 백

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함  
2017년 6월

서울대학교 대학원  
과학교육과 생물전공  
정 은 진

정은진의 석사 학위논문을 인준함  
2017년 7월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 국문초록

본 연구에서는 2009개정 중학교 과학 교과서에서 제시된 탐구활동이 학생들의 과학 개념 구성을 어떻게 지원하는지를 알아보고자 하였으며, 소단원의 목표 개념을 구성하는데 탐구활동과 시각자료가 어떻게 지원할 수 있는지 탐색하였다. 먼저 탐구활동에 제시된 질문을 바탕으로 추론 유형을 분석하고, 이를 통해 학생들이 구성할 수 있는 개념 속성을 파악하였다. 그리고 탐구활동을 통해 학생들이 구성할 수 있는 개념 속성과 탐구활동이 포함된 소단원의 목표 개념 속성을 비교하여, 탐구활동이 소단원의 목표 개념을 이해하는데 충분한 인지적 조력을 제공하는지를 분석하였다. 그러나 탐구활동이 소단원의 목표 개념에 도달하는데 충분한 인지적 조력을 제공하지 못한 경우, 관련된 시각자료가 나타내는 개념이 소단원의 목표 개념을 이해할 수 있도록 어떠한 인지적 조력을 제공하는지를 알아보고자 시각자료에서 모두 포괄할 수 있는 대표성을 띄는 개념을 하나 선정하여 분석하였다.

연구 결과, 탐구활동에서 요구되는 과학적 추론의 유형과 그에 따른 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념 속성에는 차이가 나타났다. 현상 기반 추론을 요구하는 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념 속성은 85%로 구조 속성이 가장 많이 나타났으며, 현상 기반과 관계 기반 추론을 요구하는 질문이 함께 제시된 경우는 ‘기능’ 속성과 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하는 탐구가 각각 40%와 52%로 많이 나타났다. 모형 기반 추론이나 다양한 추론을 함께 요구하는 탐구활동에서는 ‘구조’나 ‘기능’ 속성보다는 ‘행동’이나 ‘기작’ 속성의 개념 구성을 지원하는 경우가 많이 나타났다.

탐구활동에서 구성할 수 있는 개념 속성과 소단원에서 목표로 하는 개념 속성을 비교한 결과, 탐구활동에서 구성 가능한 개념과 소단원의 목표 개념 속성이 일치한 경우가 64.3%로 나타났다. 그 중 소단원 목표 개념 속성이 기작인 경우 탐구활동에서 행동 속성의 개념을 지원하는 비율이 기작 속성을 지원하는 비율보다 상대적으로 높았다.

소단원 목표 개념과 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념의 속성이 일치하지 않은 56개의 사례 중 경우, 교과서에 제시된 28개의 시각자료가 나타나고 있는 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성에 도달할 수 있도록 지원해주었음을 확인할 수 있다. 하지만 일부 시각자료는 소단원의 목표 개념에 도달할 수 있도록 지원해주지 못하고 있었다. 시각자료가 나타내는 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성과 다를 경우 학생들은 시각자료를 통해 목표 개념을 이해하는데 어려움을 갖게 되거나 오개념을 유발할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 탐구활동과 시각자료의 사례를 통해 학생들이 구성할 수 있는 개념 속성을 파악하고, 탐구활동이나 시각자료가 목표 개념에 도달하지 못하는 개념 속성에 대해 알아보고, 학생들이 소단원의 목표 개념 속성에 도달할 수 있도록 교사의 인지적 지원이 필요함을 보였다. 그리고 학생들의 과학 개념 구성을 지원하는 탐구활동과 시각자료의 특성에 대한 이해를 제공하며, 이를 바탕으로 성공적인 과학학습을 지원하기 위한 인지적 조력의 필요성에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

**주요어 :** 중학교 과학 교과서, 탐구활동, 개념 속성, 과학적 추론,  
시각자료

**학 번 :** 2015-21633

# 목 차

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| I . 서론 .....                  | 1  |
| 1. 연구의 필요성 .....              | 1  |
| 2. 연구 목적 및 질문 .....           | 4  |
| 3. 연구의 제한점 .....              | 5  |
| II . 이론적 배경 .....             | 6  |
| 1. 탐구활동 .....                 | 6  |
| 1.1. 과학학습에서 탐구활동 .....        | 6  |
| 1.2. 교과서에 제시된 탐구활동 .....      | 7  |
| 2. 과학적 추론 .....               | 8  |
| 2.1. 과학적 추론의 정의 및 중요성 .....   | 8  |
| 2.2. 과학적 추론의 종류 .....         | 8  |
| 2.3. 과학적 추론을 위한 질문의 중요성 ..... | 9  |
| 3. 시각자료 .....                 | 11 |
| 4. 존재론적 속성 .....              | 12 |
| III. 연구 방법 및 절차 .....         | 14 |
| 1. 연구대상 .....                 | 14 |
| 2. 연구방법 .....                 | 15 |
| 2.1. 과학개념의 존재론적 속성 분석 .....   | 15 |
| 2.2. 과학개념 속성 분석 대상 .....      | 16 |
| 2.3. 탐구활동에 제시된 질문 분석 .....    | 19 |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>IV. 결과 및 논의</b>                           | <b>21</b> |
| 1. 질문에 따른 추론 유형 분석                           | 21        |
| 1.1. 단원별 탐구활동의 개념 속성                         | 21        |
| 1.2. 탐구활동에 제시된 질문의 추론 유형과 개념 속성간의<br>관계      | 25        |
| 1.3. 탐구활동을 통한 개념 구성 지원 사례                    | 28        |
| 1.3.1. ‘구조’ 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례            | 28        |
| 1.3.2. ‘기능’ 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례            | 30        |
| 1.3.3. ‘행동’ 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례            | 32        |
| 1.3.4. ‘기작’ 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례            | 34        |
| 2. 소단원의 목표 개념 속성과 탐구활동                       | 37        |
| 2.1 단원별 소단원의 개념 속성                           | 37        |
| 2.2. 소단원의 목표 개념 속성과 탐구활동 개념 속성               | 39        |
| 2.3. 탐구활동을 통한 소단원의 개념 구성 지원 가능성              | 42        |
| 2.3.1. 탐구활동과 소단원에서 구성할 개념 속성이 일치한<br>사례      | 42        |
| 2.3.2. 탐구활동과 소단원에서 구성할 개념 속성이 일치<br>하지 않은 사례 | 45        |
| 3. 과학 개념 구성을 지원하는 시각자료의 역할                   | 48        |
| 3.1. 소단원과 시각자료의 개념 속성 관계                     | 48        |
| 3.2. 시각자료를 통한 소단원의 개념 구성 지원 가능성              | 51        |
| 3.2.1. ‘행동’-‘구조’로 일치하지 않은 경우                 | 51        |
| 3.2.2. ‘기작’-‘행동’으로 일치하지 않은 경우                | 53        |
| <b>V. 결론 및 제언</b>                            | <b>56</b> |
| <b>참고문헌</b>                                  | <b>61</b> |
| <b>Abstract</b>                              | <b>68</b> |

## 표 목 차

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| [표 1] 탐구활동 분석 대상 교과서 .....                  | 15 |
| [표 2] 과학 개념의 존재론적 속성에 대한 정의 .....           | 18 |
| [표 3] 탐구활동에 제시된 질문에 따른 추론 유형 분석틀            | 20 |
| [표 4] 단원별 탐구활동의 개념 속성 비교 .....              | 24 |
| [표 5] 질문의 추론유형에 따른 탐구활동 개념 속성 .....         | 27 |
| [표 6] 단원별 소단원의 개념 속성 비교 .....               | 38 |
| [표 7] 소단원 목표 개념 속성과 탐구활동의 개념 속성 비교<br>..... | 41 |
| [표 8] 소단원-탐구활동-시각자료의 개념 속성 분석 .....         | 50 |

## 그 립 목 차

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| [그림 1] 뇌 모형으로 뇌 구조 확인하기 .....     | 29 |
| [그림 2] 음식 맛의 구별 .....             | 31 |
| [그림 3] 뿌리에서 물을 흡수하는 원리 알아보기 ..... | 33 |
| [그림 4] 식물의 호흡과 기체 교환 .....        | 36 |
| [그림 5] 척추동물의 앞다리 비교 .....         | 44 |
| [그림 6] 증산 작용 관찰 .....             | 47 |
| [그림 7] 피부의 온도 감각 .....            | 52 |
| [그림 8] 피부 감각 .....                | 52 |
| [그림 9] 증산 작용 관찰 .....             | 54 |
| [그림 10] 증산 작용과 물의 이동 .....        | 55 |



# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

과학 탐구는 과학자들이 자연 현상을 이해하고 설명하기 위해 증거를 수집하고, 수집된 증거를 기반으로 이론을 구성해 나가는 과정이며(NRC, 1996), 과학 교육에서 탐구활동은 학생들이 과학 개념 및 과학 탐구과정을 효율적으로 학습할 수 있는 핵심활동으로 다른 교과와 구별되는 중요한 교수 학습 방법이다(NRC, 2000). 따라서 과학 교과서는 학생들이 자연 현상과 사물에 대해 흥미를 가지고 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학적 탐구 능력을 길러낼 수 있도록 다양한 탐구활동을 제공해야 한다(박효순, 조희형, 2003; 교육부, 2011).

많은 선행 연구들에서는 학생들이 탐구활동을 통해 과학 지식을 구성할 수 있다는 점을 강조하고 있지만(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Chinn, & Malhotra, 2002), 지금까지의 선행 연구들은 학생들의 지식 구성이나 개념 이해보다는 탐구활동의 주제나 탐구 기능에 초점을 두고 진행되어 왔다. 초, 중, 고등학교 교과서 내 특정 주제나 단원별 탐구활동 연계성(심규철, 2006; 오영린 외, 2012)이나 특정 탐구 기능 요소(박철규 외, 2009; 박효순, 조희형, 2003)를 분석한 연구들이 주로 진행되어져 왔다. 따라서 교과서에 제시된 탐구활동을 통해 학생들이 어떻게 개념을 이해할 수 있는지, 성공적인 탐구활동 수행을 위해서는 어떠한 지원이 필요한지에 대한 연구가 필요하다.

한편, 과학자들은 과학 탐구를 통해 얻은 데이터를 바탕으로 과학지식을 형성하는 과정에서 과학적 추론이 필연적으로 요구된다(Giere, 1997). 이에 오늘날 과학교육에서는 학생들에게 탐구를 수행하면서 얻은 증거를 바탕으로 지식을 구성하는 과정을 통해 과학자들이 하는 과학적 추론을 경험하게 해야 한다고 강조하고 있다(Chinn & Malhotra, 2002).

탐구기반 학습에서 학생들의 과학적 추론을 효과적으로 이끌어내기 위

해서는 탐구과정에 제시된 질문이 중요하다(정주혜, 김희백, 2009). 학습자들은 질문을 통해 실험 결과로부터 추론하는 과정을 경험할 수 있으며(권용주 등, 2003), 질문과 설명을 끊임없이 반복하면서 향상된 지식을 구성해 나갈 수 있다(정영란, 배재희, 2002).

그 동안 교과서에 제시된 질문에 대한 연구는 고등학교 생물 교과서에 제시된 질문의 특성을 통한 탐구과정 분석(허만규, 임채성, 2005), 8학년 과학 교과서의 질문과 교사가 제시한 질문의 유형 분석(예수경, 2011), 학생들이 제시한 질문의 유형 분석을 통한 인지적 추론 효과(김미경, 김희백, 2007)등이 이루어져 있었다. 하지만 교과서의 탐구활동에 제시된 질문이 학생들에게 어떠한 추론을 요구하는지, 이에 따라 학생들의 개념 구성을 어떻게 지원하는지에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다. 이에 탐구활동에 제시된 질문이 학생들에게 어떤 추론을 요구하는지 분석하고, 이에 따라 어떤 개념을 구성하도록 지원해주는지 알아보는 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 교과서에 제시된 탐구활동을 통해 어떤 개념을 구성할 수 있는지 파악하고, 이를 바탕으로 소단원에서 목표로 하는 개념 속성에 도달할 수 있도록 어떠한 인지적 조력을 제공하는지 알아볼 필요가 있다. 과학 교과서에 제시된 탐구활동과 그에 관한 내용들은 소단원에서 목표로 하는 개념 속성이 일관성이 있는지 확인함으로써 탐구활동을 통해 소단원의 목표 개념 도달 여부를 확인할 수 있다.

하지만 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성에 도달하지 못한 경우 탐구활동과 관련된 텍스트나 시각자료를 이용하여 부족한 학습을 보충해주고 있다. 그 중 시각자료는 추상적이거나 상징적인 내용을 시각화하여 전달해주기 때문에 학생들이 어려워하는 개념을 이해하는데 효과적인 수단이며, 중심적인 내용을 포함하는 역할을 한다(손영욱, 박윤배, 2002; Pozzer & Roth, 2003; Han & Roth, 2006). 시각자료에 대한 선행 연구는 고등학교 과학 교과서에 제시된 시각자료의 유형과 효과성(김혜진, 2009), 한일 교과서에 제시된 시각자료 비교(박시현, 우종욱, 1994), 시각자료의 기능과 구조(이기영, 2007) 등에 중점

을 두고 연구를 진행해 왔다. 하지만 탐구활동을 통해 구성한 개념을 시각자료가 소단원의 목표 개념에 도달할 수 있도록 어떠한 지원을 제공하는지에 대한 연구는 거의 없었다.

따라서 본 연구에서는 중학교 과학 교과서 생명영역에 제시된 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념을 탐색하고, 해당 탐구활동에서 구성 가능한 개념이 해당 소단원에서 목표로 하는 개념 속성에 도달할 수 있도록 시각자료가 어떠한 인지적 조력을 제공하는지 알아보고자 한다.

## 2. 연구 목적 및 연구 문제

본 연구에서는 학생들이 소단원의 목표 개념을 구성하는데 탐구활동과 시각자료가 소단원에서 목표로 하는 개념을 구성하기 위해 어떻게 지원할 수 있는지 파악하는 것을 목적으로 하고 있다.

이를 위해 학생들이 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념 속성에는 어떠한 것이 있는지 밝히고, 탐구활동과 관련된 시각자료가 나타내는 개념 속성이 소단원의 개념 속성까지 도달할 수 있도록 어떠한 인지적 조력을 제공하는지를 알아볼 것이다. 따라서 본 연구에 대한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1. 탐구활동에서 제시된 질문들은 어떤 추론을 요구하는가? 추론의 특성에 따라 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념의 속성은 어떠한가?
2. 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념 속성과 소단원의 목표 개념 속성 간에는 어떤 차이가 있는가? 탐구활동은 소단원에서 목표로 하는 개념을 구성하기 위해 어떤 지원을 제공하는가?
3. 탐구활동과 관련된 시각자료는 학생들이 소단원의 목표 개념에 도달할 수 있도록 어떠한 인지적 조력을 제공하는가?

### 3. 연구의 한계점

본 연구에서는 교과서에 제시된 생명과학 탐구활동으로 구성할 수 있는 과학 지식의 속성을 범주화하고, 추론의 유형에 따라 과학 개념의 속성이 어떻게 다르며, 시각자료가 어떻게 인지적 조력을 제공하는지 알아보고자 하였다. 그리고 탐구활동과 시각자료가 과학 지식을 구성하는데 어떠한 제한점을 가지는지 알아보고자 하였다. 하지만 본 연구 방법에는 다음과 같은 한계점이 있다.

#### 1) 실제 활동과의 일치성

교과서 내에 제시된 소단원의 목표 개념 속성과, 탐구활동 개념 속성을 분석하였고, 시각자료가 어떠한 인지적 조력을 하는지 알아보았다. 하지만 탐구활동의 질문과 시각자료가 학생들의 개념 구성을 실제로 어떻게 지원하는지를 파악한 것은 아니므로, 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

#### 2) 일반화의 한계

교과서에 제시된 탐구활동 질문과 시각자료를 분석하여, 탐구에서 요구되는 추론과 이를 통해 구성되는 지식의 속성을 알아보고자 했다. 하지만 본 연구에서는 중학교 과학 교과서의 ‘물리학’, ‘화학’, ‘생명과학’, ‘지구과학’ 영역 모두를 분석하지 않고 ‘생명과학’ 영역만 분석했다는 제한점이 있다. 따라서 이를 모든 과학 탐구활동의 특성으로 일반화시키기 어렵다.

이번 연구의 제한점을 종합해볼 때, 중학교 과학 교과서의 다른 영역에 제시된 다양한 탐구활동들도 분석할 필요가 있으며, 실제 학생들이 탐구를 했을 때 다음과 같은 추론을 가지고 지식을 구성해 나가는지를 분석해보는 후속연구도 필요하다.

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 탐구활동

#### 1.1. 과학 학습에서 탐구활동

탐구는 과학자들이 자연에서 일어나는 현상을 연구하고, 자신들의 연구에서 얻은 데이터를 바탕으로 설명을 제안하는 방법이며, 지식과 과학적 아이디어에 대한 이해를 발달시키기 위해 필요한 활동이다(NRC, 1996). 과학 학습에서 탐구는 과학 지식을 구성하는데 핵심적인 활동으로(Roth, 1995) 과학 교육에서 중요한 역할을 맡고 있다. 과학적 탐구에는 관찰하기, 질문하기, 과학지식을 확인하기, 수집된 자료 분석, 해석하기, 설명하기, 결과에 대해 논의하기 등 다양한 활동을 포함한다(NRC, 1996). 실제로 탐구를 통해 과학자들은 과학 이론을 발전시켜나가며, 과학 지식이 구성되는 과정을 수행해간다(Chinn & Malhotra, 2002).

뿐만 아니라 과학 교육에서는 탐구-기반의 교수 전략을 강조함으로써 학생들의 과학 본성에 대한 이해를 증진시키고, 학생들이 탐구를 통해 과학 개념 및 과학 탐구과정을 효율적으로 학습할 수 있도록 하였다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998).

과학 교육 연구를 하는 연구자들은 교사가 학생들에게 지식을 전달하는 과정에서 탐구를 통해 지식을 구성할 수 있도록 지도해야 하며, 학생들이 증거를 기반으로 정당화 할 수 있도록 지도해야 한다고 주장하고 있다(Driver *et al.*, 2000). 이를 통해 학생들은 실제 과학자들이 하는 형태의 탐구를 수행하면서 과학적 사고를 경험하고, 과학에 대한 올바른 인식을 가질 수 있다고 제안하고 있다(Chinn, & Malhotra, 2002).

## 1.2. 교과서에 제시된 탐구활동

과학과 교육과정에서는 학교 교육에서 실현되어야 하는 과학 교육의 목표, 내용, 방법과 그에 따른 평가에 있어서 공통된 기준을 나타내고 있다. ‘과학’ 과목의 목표로 과학적 소양과 문제 해결력을 강조하였고, 이에 탐구활동을 중요시 했으며, 과학적으로 자연을 탐구하는 능력을 기르는 것뿐만 아니라, 기본 과학 개념도 탐구를 통해 구성할 수 있도록 해야 한다고 강조하였다(교육부, 1999). 교과서는 그러한 교육과정에 제시된 교육 목표를 구현하기 위해 학생의 사고 발달 단계와 학습 능력을 고려하여 교과 내용을 구성한 교수 학습 자료이다(박효순, 조희형, 2003).

과학 교과서에는 학생들이 학습해야 할 내용과 이에 따른 탐구활동이 제시되어 있으며, 학습 자료를 통해 학생들의 흥미를 유발하기도 한다. 그리고 학생들이 학습내용을 구조화할 수 있도록 학습과제가 제시되어 있기도 한다. 이와 같이 대부분의 교사들은 교과서에 제시된 자료를 중심으로 수업을 계획하고, 학생들을 교수 한다(Abruscato, 1988).

과학 교과서의 성격과 역할을 정리하면 다음과 같다(박시현, 우종옥, 1994).

첫째, 과학 교과서는 개정된 교육과정에 따라 과학과 교과목표에 도달하기 위해 사용되는 다양한 학습 자료 중 하나이다. 둘째, 과학 교과서는 학생들 스스로 탐구할 수 있도록 다양한 경험을 제공하며, 직접 연구를 수행할 수 있도록 제시한다. 셋째, 과학 교과서에 제시된 지식을 구성하고 그 지식을 탐구할 수 있도록 많은 탐구활동들이 제시되어 있다. 넷째, 학습자의 호기심을 불러일으키고 흥미를 줄 수 있다. 마지막으로, 과학 교과서에는 수행할 수 있는 많은 실험, 관찰, 만들기 등의 활동 과정을 안내해주고 있다.

## 2. 과학적 추론

### 2.1. 과학적 추론의 정의 및 중요성

과학자들이 탐구를 통해 얻은 실험 데이터를 바탕으로 과학 지식을 구성하는 과정에서 과학적 추론은 필수적이다(Giere, 1997). 과학적 추론의 정의는 ‘주장과 그에 대한 증거를 연결하여 정당화’하는 것, 즉 ‘과학적 데이터를 사용하는 적절한 이유, 과학적 원리가 무엇인지, 왜 특정 데이터가 주장을 뒷받침하는 증거로서 중요한지’를 설명하는 것이다(McNeill *et al.*, 2007). 오늘날 과학교육에서는 학생들에게도 과학자들과 유사한 과학적 추론을 경험해보도록 하는 것이 중요하다고 강조하고 있으며(Chinn & Malhotra, 2002), 이를 위해 모형 구성하기(modeling), 논변(argumentation)과 같은 활동은 학생들이 과학적 추론과 사고 과정에서 지식을 구성할 수 있는 대표적인 교수 학습법이다(한문현, 김희백, 2012).

### 2.2. 과학적 추론의 종류

학생들이 과학지식을 구성하기 위해 과학적 추론을 하면서 과학 지식의 본성, 지식에 대한 그들의 사고를 반영한다(Metz, 2011). 실제 탐구에서 요구하는 추론의 유형은 상황에 따라 복잡하고 다양하게 나타난다. Driver 등(1996)은 학생들이 탐구를 어떻게 인식하여 지식을 구성하는지, 과학적 설명의 본성을 어떻게 표현하는지, 탐구결과로부터 얻은 증거와 과학적 설명을 어떻게 연결하는지를 보여주는 인식론적 추론 형태를 크게 현상 기반, 관계 기반, 모형 기반 추론으로 나뉜다고 주장하였다. 첫째, 현상기반 추론은 자연에서 일어나는 현상을 관찰하고 어떤 일이 일어나는지를 알아보는 것이다. 탐구활동에서 학생들은 어떠한 현상이 나타나는지 관찰하고 사고를 불러일으키는 시작 역할을 한다. 두 번째, 관계기반 추론은 두 변인들 사이의 관계를 알아가는 과정으로, 변인에 따



른 상관관계를 학습하거나, 어떤 현상에 대해 선형적 인과 관계를 알고자 할 때 요구되는 추론이다. 마지막 모형 기반 추론은 탐구에서 나타난 현상이나 증거에만 의존하여 설명하는 것이 아니라, 학생들의 정신 모형이나 이론을 결합하여 설명을 구성하고, 구성된 설명을 평가, 수정해 나가는 추론이다. 따라서 이러한 추론 유형은 현상 기반이나 관계 기반 추론보다 고차원적인 사고를 요구한다(한문현, 김희백, 2012).

### 2.3. 과학적 추론을 위한 질문의 중요성

과학자가 탐구를 통해 지식을 구성함에 있어 과학적 추론은 필수적이며, 이를 효과적으로 이끌어내는 것이 질문이다. 뿐 만 아니라 질문은 학습자에게 학습동기를 유발하는 요소이면서 동시에 비판적이고 이성적으로 사고하고 행동하게 하는 중요한 요소이다(King & Rosenshine, 1993). Chin & Osborne(2010)은 탐구 기반 학습에서 질문은 학생들의 인지적 측면의 설명을 요구하거나, 추론을 이끌어내기 위한 도구로 사용된다고 주장하였다. 그리고 질문은 학생들이 자신의 생각을 전달하기 위해 지식을 전개하거나, 통합하거나, 동화시키면서 지식을 재구성 할 수 있게 이끌어낸다. 그렇게 되면 학생들은 자신이 이해한 바를 효과적으로 되돌아볼 수 있다(박은주, 1998). 그리고 학생들은 질문을 하면서 자신이 제시한 아이디어를 정당화하기 위해 자신이 갖추고 있던 모형을 이끌어낼 수 있으며, 다른 학생들과의 아이디어를 비교하고, 평가하는 비판적 추론을 할 수 있다. 또한 학생들은 제시된 아이디어를 되짚어보고 기존에 알던 선지식과 연결시키려고 노력하며, 자신의 지식과 제시된 아이디어 사이에 모순이 생기는 경우 자신의 지식을 확장시키고자 또 다른 질문을 던지게 되는데 이러한 맥락에서 볼 때 질문은 학생들의 추론을 이끌어내면서, 학생들의 이해를 측정하고, 사고를 일으키도록 도와주는 도구이다(Chin & Osborne, 2008).

학교 수업에서 질문은 학생들의 사고를 확장시키는데 중요한 역할을 하며, 질문의 유형은 다음과 같이 다양하다. 김미경과 김희백 (2007)에

따르면, 질문의 역할로 크게 ‘사실 질문’과 ‘사고 질문’으로 나뉘며, ‘사고 질문’을 세분화하면 ‘설명 질문, 귀납적 질문, 유추적 질문, 확장질문, 변칙탐지 질문, 계획질문’이 있다고 하였다. 그리고 김희경과 송진웅 (2004)은 실험 활동에서 얻은 결과를 해석하고, 과학 이론을 의미 있게 연결하기 위해서는 질문의 역할이 크다고 하였다. 권용주 등 (2003)은 학생들이 질문을 통해 실험 결과로부터 추론하는 과정을 경험할 수 있고, 주장과 증거 사이의 관계를 이해할 수 있다고 제안하였다. 따라서 질문은 과학적인 맥락 속에서 능동적이고, 비판적인 사고를 할 수 있는 능력을 길러준다(Chin & Chia, 2006).

### 3. 시각자료

과학교과 내용은 저학년에서는 자연에 대한 구체적이고 실질적인 개념을 관찰과 경험을 통하여 익숙해지게 하고, 학년이 올라감에 따라 점차적으로 복잡하고 추상적인 개념에 중점을 두고 있다. 따라서 학생들이 고학년으로 갈수록 과학 개념을 이해하는데 상당한 어려움을 겪고 있는 이유는 학습할 개념이 미시적이거나 복잡하고 상징적인 내용을 함께 다루고 있기 때문이다(김수정, 한재영, 2007). 특히 중학교 과학 교과서 생명영역은 인간과 관련된 생명현상 뿐 아니라 실생활에서 경험하는 생물학 관련 내용을 포괄적으로 다루므로 복잡한 지식 구조와 다양한 개념을 함께 포함하고 있다(Novak, 1988).

최근 많은 연구들에서는 ‘inscription’의 역할에 대한 중요성을 나타내고 있다(Bowen, & Roth, 2002; Han & Roth, 2006; 이기영, 2007). 과학에서 사용되는 ‘inscription’에 대한 정의는 자연현상을 텍스트 이외의 여러 가지 시각적 표상들을 사용하여 나타내는 것을 의미한다(Latour, 1987). 여기에는 사진, 다이어그램, 그래프, 표, 수식이 포함되고, 사진에서 수식으로 갈수록 시각자료에서 나타내는 의미는 추상적이며 복잡해진다(이기영, 2007).

일반적인 의미에서 시각자료는 학생들의 내용 이해를 돕기 위한 보조적인 수단이라고 정의되지만, 과학 교과서에 제시된 시각자료는 장식적인 기능 보다는 미시적이거나 상징적인 내용 학습 이해를 위해 교과서의 중심적인 내용을 가시화하는 역할을 한다(Pozzer & Roth, 2003). 이때 교과서에 제시된 본문도 학생들의 이해를 돕는 수단이 될 수 있지만 글을 통해서만 그 안에 담고 있는 함축적인 내용도 알아야 한다는 점에서 교과서에 제시된 시각자료가 학생들이 학습해야 하는 지식을 좀 더 쉽고 명백하게 전달해주는 가장 좋은 수단이며, 학습 주제를 분명하게 시각화 시킴으로써 학생들이 이해하는데 용이하고, 설명할 수 있도록 도와준다(손영욱, 박운배, 2002; Han & Roth, 2006).

#### 4. 존재론적 범주

과학지식을 구성할 때, 인간의 사고는 그 안의 물질적 존재에 대한 설명에서부터 시작한다. 존재론적 속성이란 존재(existence)하는 모든 것들의 본성을 가리키며(Keil, 1979), 이 세상에 존재하는 모든 실체(entity)들은 물질(matter)과 과정(process), 정신상태(mental states)라는 서로 다른 존재론적 범주 안에 속한다(Chi *et al.*, 1994). 존재론적 속성은 그 대상이 다른 범주로 범주화 될 수 없는 고유한 특성이며, 이러한 개념들 간의 속성 차이는 쉽게 인식될 수 있다. 존재론적 속성으로 분석한다는 의미는 학생들이 추론하거나 의미를 형성할 때, 세계를 무엇으로 바라보는 지에 대한 근거로 사용될 수 있다(Slotta *et al.*, 1995).

Gerard와 Mandler(1983)은 물질과 비물질 범주를 나누는 것은 명확히 하였으나, 사건과 추상적인 아이디어 속성을 범주화하기 위해 process를 제안하였다. Reiner 등(2000)은 초보자(novice)들이 가지고 있는 초기 개념의 속성은 물질 기반적인 상태이며, 이러한 속성을 바탕으로 새로운 물리지식을 동화시키기 위해 노력을 해왔으나 결국 추상적인 물리 개념에 대해 물질적이거나 물질적 기반의 행동적 특성에 의존하여 개념을 구성한다고 하였다. DiSessa(1988)은 naive한 물리지식은 분절된 개념으로, 아이디어들이 체계적인 연관성을 갖추고 연결되어 있기 보다는 단지 같은 성향끼리 모여 있다고 주장하였다. 그리고 물질 범주에 대한 수많은 관찰과 경험을 통해 행동 범주로 넘어갈 수 있다고 하였다.

Chi 등(1994)은 존재론적 속성이 다르다는 것을 서로 다른 속성을 지닌 개념들이라고 하였다. 이러한 존재론적 속성 중 과정 범주를 ‘사건범주’와 ‘평형범주’ 크게 나누었다. ‘사건 범주’에 해당하는 개념들은 사건에는 시작과 끝이 분명히 있으며, 사건은 일련의 순서대로 일어난다. 그리고 사건이 일어나는데 인과 관계(Chi, 2000)가 존재하며, 목표 지향적이고, 사건에 대한 직접적인 효과(Chi, 2005)가 나타난다고 하였다. 반면 ‘평형범주’에 속하는 개념들은 시작과 끝에 대한 명료한 경계가 없이 지속적으로 진행되며, 여러 사건들이 동시적, 독립적, 무작위적으로 진행된

다. 이러한 독립적이며 무작위적인 사건들이 동시에 일어났을 때 새로운 속성을 나타내는 ‘창발적인 효과’도 발생한다.

학생들이 지닌 과학 개념을 토대로 존재론적 속성을 분석한 연구는 많이 있었다. Venville과 Treagust(1998)은 10학년 학생들을 대상으로 유전자에 대한 개념변화가 존재론적 관점에서 어떻게 변화되는지 연구하였으며, 이때 학생들은 물질 영역에서 과정 영역으로 점진적으로 발달한다고 제시하였다. Ferrari과 Chi(1998)은 학생들이 진화라는 개념을 ‘사건 범주’로 바라보고 있어 진화에 대한 개념 중 적자생존을 이해하는데 ‘평형 범주’까지 도달하는 것을 어려워한다고 하였다. 김미영과 김희백(2007)은 모형 기반 수업을 통해 고등학생의 순환개념 변화를 분석하였고, 물질 교환 원리와 같은 기작에 대한 개념에 대해 ‘사건범주’로 해석했던 학생들이 사후에 ‘평형범주’로 답하기도 하였다.

이와 같이 학생들은 ‘평형범주’에 해당하는 개념에 대해 이해하는데 어려움을 갖으며, 개념을 ‘사건범주’와 같이 잘못된 속성으로 범주화 하였을 때 오개념을 일으킬 확률도 높다고 하였다. 이러한 오개념 형성은 수업시간에 과학 개념을 발전시켜 나가는데 한계가 되기도 한다.(Chi & Roscore, 2002; Ferrai & Chi, 1998; Venville & Treagust, 1998).

이상의 연구를 통해 학생들이 잘못된 존재론적 영역에 놓이게 되면, 학생들은 개념을 어려워하거나, 오개념을 불러일으킬 수 있다. 따라서 학생들의 인지적 구조 내에서 존재론적 속성에 대한 변화가 일어나도록 하는 과정이 반드시 필요하다.

### Ⅲ. 연구 방법 및 절차

본 연구의 목적은 중학교 과학 교과서에 제시된 탐구활동이 학생들의 과학 개념 구성을 어떻게 지원하는지를 이해하는 것이다. 탐구활동에 의한 학생들의 개념 구성을 탐색하기 위해, 탐구활동에 제시된 질문에서 요구하는 추론 유형을 분석하였고, 이를 바탕으로 탐구활동에서 구성할 수 있는 과학 개념의 속성을 파악하였다. 또한 탐구활동이 제시된 소단원 주제와 본문을 분석하여 소단원의 목표 개념 속성을 분석하였다. 이후 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념 속성과 소단원의 목표 개념 속성을 비교하고, 소단원과 탐구활동의 개념 속성이 일치하지 않은 경우 시각자료에서 나타난 개념이 소단원의 목표 개념에 도달할 수 있도록 어떠한 인지적 조력을 제공하는지 알아보고자 하였다.

#### 1. 연구 대상

본 연구에서는 2009개정 과학교육과정에 의거하여 집필된 중학교 과학 교과서의 생명 영역에 포함된 탐구활동과 해당 소단원, 탐구활동과 관련된 시각자료를 분석하였다. 중학교 과학 교과서의 생명 영역은 크게 ‘광합성’, ‘소화, 순환, 호흡, 배설’, ‘자극과 반응’, ‘생식과 발생’, ‘유전과 진화’로 구성되어 있다. 분석의 대상으로 삼은 교과서는 <표 1>에 제시된 바와 같으며, 학교 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 교과서 3종을 선정하였다.

<표 1> 탐구활동 분석 대상 교과서

| 학년  | 교과서명 | 저자        | 출판사 |
|-----|------|-----------|-----|
| 7학년 | 과학1  | 임태훈 외 10명 | A   |
|     |      | 이규석 외 19명 | B   |
|     |      | 이진승 외 13명 | C   |
| 8학년 | 과학2  | 임태훈 외 10명 | A   |
|     |      | 이규석 외 19명 | B   |
|     |      | 이진승 외 13명 | C   |
| 9학년 | 과학3  | 임태훈 외 10명 | A   |
|     |      | 이규석 외 19명 | B   |
|     |      | 이진승 외 13명 | C   |

## 2. 연구 방법

### 2.1 과학 개념의 존재론적 속성 분석

본 연구에서는 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념의 속성, 해당 소단원에서 학습해야 되는 개념, 탐구활동과 관련된 시각자료의 개념 속성을 분석하고자 하였다. 수학적 등식을 사용하여 원리로부터 연역적으로 법칙을 얻어내는 물리 영역의 지식과는 다르게, 생물 영역의 지식은 생명 시스템과 이를 구성하는 요소 사이의 상호작용에 대한 해석이 필요하다(Chi, Chiu, & deLeauw, 1991). 다시 말하면, 시스템의 구성 요소의 기능적, 구조적, 행동적인 특성도 중요하지만, 이것만으로는 구성 요소의 체계적인 상호작용의 결과인 시스템의 특징을 이해하기 어렵다(Chi, Chiu, & deLeauw, 1991). 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여, Chi(2005)와 Chi *et al.* (2012)가 제시한 과학 개념의 존재론적 속성 분석틀을 바탕으로 Buckley(2000)의 과학 개념 분석틀을 <표 2>와 같이 수정하고, 이를 근거로 교과서에 제시된 과학 개념의 속성을 ‘구조’, ‘기능’, ‘행동’, ‘기작’으로 분석하였다. 탐구활동과 시각자료, 이를 포함한 소단원의 개념 속성 분석의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해 다음과 같은

절차를 거쳤다. 일차적으로 탐구활동과 해당 소단원 중의 20% 정도에 해당하는 내용을 과학교육학 분야의 박사학위를 가진 전문가와 독립적으로 분석한 후에 일치하지 않는 부분에 대해서는 합의 절차를 거침으로써 범주의 특성을 명료히 하였다. 그 다음으로 과학교육 분야의 석사과정과 박사과정에 재학 중인 4인이 두 명씩 짝을 지어 전체 분석 내용의 절반을 각각 독립적으로 분석한 후에, 서로 일치하지 않는 부분에 대해서는 과학교육 전문가의 참석 하에 논의를 통해 합의를 도출하였다.

## 2.2. 분석 대상

### (1) 탐구 활동

생물영역 ‘광합성’, ‘소화, 순환, 호흡, 배설’, ‘자극과 반응’, ‘생식과 발생’, ‘유전과 진화’에서 제시된 탐구활동을 통해 학생들이 구성할 수 있는 과학 개념에 대한 존재론적 속성은 <표 2>에 의거하여 분석하였다. 이때, 탐구활동을 통해 학생들이 구성할 수 있는 개념의 존재론적 속성은 탐구 주제와 탐구 결과, 탐구 질문 및 질문에서 요구하는 과학적 추론을 종합하여 분석하였다.

### (2) 탐구활동이 포함된 소단원

본 연구에서 소단원은 탐구활동이 포함된 가장 작은 절 혹은 단원을 의미한다. 소단원에서 요구하는 목표 개념의 존재론적 속성은 소단원의 제목과 지문에 제시된 핵심 개념들을 포함한 명제들을 바탕으로 종합적으로 분석하여, 전체를 포괄할 수 있는 개념을 범주화 한 것이다.



### (3) 시각자료

교과서를 통해 학습해야 하는 과학 개념은 추상적이거나 역동적인 특성을 지니고 있어, 탐구활동만으로 개념을 구성하는데 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하고 학생들의 개념을 구성할 수 있도록 지원하는 시각자료가 필요하다(이기영, 2007). 본 연구에서는 시각자료의 범위를 탐구활동과 관련한 사진, 삽화, 그래프, 표, 화학식, 개념도 등의 시각자료를 대상으로 개념의 존재론적 속성을 분석하였다. 이때, 시각자료가 대표적으로 표상화하는 한 개의 개념을 추출하고 이를 범주화하였다.

<표 2> 과학 개념의 존재론적 속성에 대한 정의

| 존재론적 속성 | 정의                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 구조      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생명체를 구성하는 물리적인 구조나 위치, 생물체의 종류를 나타낸 것</li> <li>예) 줄기는 물관, 체관, 관다발로 구성되어 있다.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 기능      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물을 구성하는 하나의 요소 혹은 요소들의 역할이나 작동 목적을 제시</li> <li>- 구성 요소의 작동을 유발하는 행위체가 구체적으로 드러나지 않음</li> <li>예) 물관은 물이 이동하는 통로이다.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |
| 행동      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구성 요소(들)이 하나의 행위체 혹은 행위체의 하위 집단으로 작동하여 거시적으로 관찰가능한 패턴을 드러내게 함</li> <li>- 구성 요소들 간의 상호작용은 목적 지향적으로 이루어져 전체적인 패턴으로 나타나게 됨</li> <li>- 구성 요소들은 행위체로서 순차적인 절차를 거쳐 기능을 드러내도록 함</li> <li>- 행위체들의 상호작용은 서로 밀접한 관련성(인과관계, 상관관계 등)을 보임</li> <li>- 거시적 수준의 사건이 종료되면 행위체들의 상호작용도 멈춘다.</li> <li>예) 식물의 뿌리에서 흡수된 물은 줄기를 거쳐 잎까지 운반되어 광합성을 비롯한 식물의 생명활동에 쓰인다.</li> </ul> |
| 기작      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구성 요소들인 행위체 모두가 독립적, 집합적으로 작동하여 관찰 가능한 현상의 패턴을 드러내게 함</li> <li>- 행위체들의 작동은 처음과 끝에 대한 분명한 경계가 없이 지속적으로 발생함. 그러나 특정 시점에 모든 행위체 상호작용의 순효과(net effect)가 나타남</li> <li>- 행위체들의 작동 방식은 무작위성, 독립성, 동시성, 지속성 등을 보임</li> <li>예) 호흡과 광합성이 동시에 일어나는 낮에는 호흡으로 발생한 이산화탄소는 광합성에 이용되고, 광합성으로 발생한 산소는 호흡에 이용된다.</li> </ul>                                                |

### 2.3. 탐구활동에 제시된 질문 분석

Driver 등(1996)은 학생들이 탐구를 어떻게 인식하는지, 과학적 설명의 본성을 어떻게 표현하는지, 탐구 결과로부터 얻은 증거와 과학적 설명을 어떻게 연결하는지를 보여주는 인식론적 추론의 형태를 크게 현상 기반 추론, 관계 기반 추론, 모형 기반 추론으로 분류하였다. 이러한 인식론적 추론을 통해 학생들은 과학 지식을 구성해 나가거나 문제를 해결해 나갈 수 있다. 본 연구에서는 Driver 등(1996)의 인식론적 추론 유형 틀을 사용하여 탐구활동에 제시된 질문의 특성에 맞게 <표 3>과 같이 수정한 뒤 탐구활동에 제시된 질문을 통해 학생들이 제시할 수 있는 추론의 유형을 분석하였다. 그리고 이를 바탕으로 학생들이 어떤 속성의 개념을 구성할 수 있는지를 파악하고자 하였다. 질문에 대한 분석의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해 개념 속성 분석과 동일한 절차를 거쳤다. 일차적으로 탐구활동 중의 20% 정도에 해당하는 내용을 과학교육학 분야의 박사학위를 가진 전문가와 독립적으로 분석한 후에 일치하지 않는 부분에 대해서는 합의 절차를 거침으로써 범주의 특성을 명료히 하였다. 그 다음으로 과학교육 분야의 석사과정과 박사과정에 재학 중인 4인이 두 명씩 짝을 지어 전체 탐구활동의 절반을 각각 독립적으로 분석한 후에, 서로 일치하지 않는 부분에 대해서는 과학교육 전문가의 참석 하에 논의를 통해 합의를 도출하였다.

<표 3> 탐구활동에 제시된 질문에 따른 추론 유형 분석틀

| 추론의<br>유형      | 탐구 현상에 대한 설명의 특징                                                                                                                                                                                                        | 질문 유형                                                                                                                      |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 현상<br>기반<br>추론 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관찰한 현상에 주된 초점을 두고, 이론이나 원리를 현상에 대한 묘사로 기술함</li> <li>- 그것이 왜 일어났는지에 대한 설명과 무엇이 일어났는지에 대한 설명을 구분할 수 없음</li> </ul>                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관찰된 특징을 나열하는 질문</li> <li>- 관찰을 통해 비교 대조하는 질문</li> <li>- 자료를 비교 대조하는 질문</li> </ul> |
| 관계<br>기반<br>추론 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탐구에서 여러 행위들을 유발하는 개입(변인 조절 등)을 고려한 설명이 이루어짐</li> <li>- 변인의 특징들 사이의 상관관계에 기반해 현상을 설명함. (여러 관계들을 고려하기는 하지만, 그 중 한 가지만을 사실로 간주함)</li> <li>- 관찰 가능한 증거에 기초하여 증명되었다고 여김.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인과관계를 요구하는 질문</li> <li>- 상관관계를 요구하는 질문</li> </ul>                                 |
| 모형<br>기반<br>추론 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이론과 모형을 결합하여 설명함.</li> <li>- 모형을 기반으로 이론을 평가함.</li> <li>- 관찰에만 의존하여 설명하지 않고, 모형과 이론을 결합하여 설명을 구성</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이론이나 모형을 기반으로 학생들의 과학적 사고를 요구하는 질문</li> </ul>                                     |

## IV. 결과 및 논의

### 1. 탐구활동 : 추론유형과 구성 가능한 개념 속성

탐구활동은 학생들이 과학 개념을 구성할 수 있도록 지원하는 핵심적인 교수 방법이며(NRC, 2000), 여러 연구(Abd-El-Khalick et al., 1998; Chinn, & Malhotra, 2002; 박효순, 조희형, 2003)에서는 과학 수업에서 탐구활동을 하는 이유로 학생들의 개념 이해를 돕는다는 것에 주목하였다. 탐구활동을 통해 학생들이 과학 개념을 구성하기 위해서는 여기서 얻은 자료를 바탕으로 적절한 과학적 추론을 해야 한다(Chinn & Malhotra, 2002). 그리고 과학 수업에서 학생들의 과학적 추론을 이끌어내는 데는 교사나 교과서의 질문이 매우 중요한 역할을 한다(Chin & Osborne, 2010). 본 연구에서는 개념의 속성에 따라 요구되는 과학적 추론이 상이하다는 선행 연구(이영미 외, 2015; 한문현, 김희백, 2012)를 바탕으로, 탐구활동의 질문이 이끌어내는 과학적 추론의 유형은 무엇이며, 이 추론은 유형에 따라 탐구활동에서 어떠한 속성의 개념을 구성하도록 지원하는지 알아보고자 하였다.

#### 1.1. 단원별 탐구활동의 개념 속성

2009 개정 과학교육과정에 의거하여 집필된 중학교 과학 교과서는 생명 영역에서 7학년부터 9학년까지 ‘광합성’, ‘소화, 순환, 호흡, 배설’, ‘자극과 반응’, ‘생식과 발생’, ‘유전과 진화’를 다루고 있다. 각 단원별로 세 개의 교과서에 포함된 탐구활동을 추출한 후에 탐구활동의 주제, 탐구결과, 질문을 통한 추론을 근거로 탐구활동에서 구성 가능한 개념을 속성 별로 범주화하고 그 비중을 분석하였다(표 4).

‘광합성’단원에서는 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념으로 ‘행동’ 속성이 가장 많았으며, 그 다음으로 ‘구조’, ‘기능’, ‘기작’ 순으로 나타났다. 광

합성 단원은 생물체를 구성하는 세포의 구조, 그 세포 안의 구성 요소들의 기능, 광합성과 호흡이 일어나는 과정, 그로 인해 발생하는 기체 교환 등의 다양한 내용들로 구성되어 있다. 여기서 주된 탐구활동은 광합성과 호흡에 관한 것이며, 탐구활동의 한 예로 ‘빛에 세기에 따른 광합성량’을 들 수 있다. 이 활동에서는 ‘빛의 세기’라는 특정 요인에 의한 ‘식물의 광합성량’ 변화를 조사하는데, 여기서 빛은 행위체로 식물에 직접적인 영향을 줘서 광합성량 변화의 패턴을 도출해낸다. 이는 <표 2>의 ‘행동’ 범주에 해당하는 속성이며, 이와 같이 변인 간의 관계를 살펴보는 탐구활동이 광합성 단원에 많이 제시되어 있다.

‘소화, 순환, 호흡, 배설’ 단원에서도 ‘행동’ 속성의 개념이 구성되게 하는 탐구활동이 가장 많았고, 그 다음으로는 ‘구조’, ‘기능’, ‘기작’ 순이었다. 이 단원에서는 동물체를 구성하는 각 기관계(소화계, 순환계, 호흡계, 배설계)와 이를 구성하는 기관들의 구조 및 기관계 사이의 유기적인 관계를 통해 일어나는 현상에 대한 내용을 다룬다. 이 단원에는 각 기관계에서 해당 현상이 어떻게 일어나게 되는지를 구조적인 관점에서 학습하는 탐구활동이 다수 제시되어 있다. 소화 단원의 대표적인 탐구활동의 예로 ‘침의 역할’을 들 수 있는데, 비록 탐구 주제는 ‘기능’의 속성을 지니는 것으로 보이나 탐구 활동을 통해 구성하는 개념은 ‘행동’ 속성을 지니는 것으로 범주화되었다. 학생들은 탐구에서 ‘침’이라는 요인(행위체)이 직접적으로 인과적 영향을 주어 녹말을 엿당으로 분해시키는 일련의 과정을 유발함을 이해하도록 요구받는다. 이러한 속성은 <표 2>의 ‘행동’ 범주에 해당하는 속성이라 할 수 있다.

‘자극과 반응’ 단원에서도 ‘행동’ 속성의 개념이 구성되게 하는 탐구활동이 가장 많았으나, 그 다음 순서에는 다소 차이가 있어 ‘기능’, ‘기작’, ‘구조’ 순으로 나타났다. 이 단원에서는 자극을 받아들이는 기관을 구성하는 요소들과 각 기관의 구성 요소의 역할, 그리고 외부 자극이 전달되는 과정을 학습하도록 하고 있다. 이 단원에 제시된 탐구활동에서는 자극의 전달 경로를 알게 한다거나(‘행동’ 범주), 각 기관의 구조를 구성 요소의 기능과 연결(‘기능’ 범주)짓도록 하고 있다.

‘생식과 발생’ 단위에서는 세포 분열로 인해 생명체가 성장하고 생식하는 생명현상과 생식세포의 결합으로 인해 새로운 개체로 발생하는 과정을 학습하도록 하고 있다. 이 단원에 제시된 탐구활동들도 이를 통해 구성 가능한 개념 속성으로 ‘행동’ 범주에 해당하는 것이 가장 많았으며, 그 다음은 ‘구조’, ‘기능’, ‘기작’ 순으로 나타났다. 학생들은 이 단원의 탐구를 통해 유전자라는 요소가 일련의 세포 분열 과정을 거쳐 어떻게 딸세포로 이동하는지 등을 학습하는데, 이는 ‘행동’ 속성의 개념이라고 할 수 있다. 이처럼 세포가 분열하는 과정에서 유전자의 이동 양상을 ‘생식과 발생’ 단위에서 학습하도록 한 데 비해, ‘유전과 진화’ 단원은 앞의 ‘생식과 발생’ 단위에서 학습한 염색체의 구조와 기능, 세포 분열과정에서 나타나는 염색체 분리 과정에 대한 개념을 기반으로 부모 형질이 자손에게 어떻게 전달되는지에 관한 기작에 초점을 두고 학습하도록 구성되어 있다. 또한 생물이 다양하게 진화해 온 증거와 진화를 설명하는 이론에 대해 학습하도록 구성되어 있다. 따라서 이 단원의 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념 속성으로 ‘행동’이 가장 많이 나타났지만 ‘기작’ 범주의 개념이 다른 단위들과 달리 32.5%라는 높은 비중을 차지하였으며, 나머지는 ‘구조’와 ‘기능’ 순으로 제시되었다.

중학교 과학 교과서에 제시된 전체 탐구활동에서 ‘행동’ 속성을 지닌 개념 구성을 지원해주는 탐구활동 비중이 52.2%로 가장 많았고, 그 다음 ‘기능’, ‘구조’, ‘기작’ 순이었다. 이처럼 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동이 가장 많은 비중을 차지하게 된 것은 특정 변인에 의한 구성 요소의 구조적 변화를 직접 관찰하거나 경험하게 하는 탐구활동이 많기 때문이며, 이러한 활동은 구성 요소들 사이의 직접적이고 유기적 관계를 직관적으로 인식할 수 있어 그 개념에 대한 학생들의 이해를 훨씬 더 용이하게 돕기 때문이다(김미영, 김희백, 2007). 반면에, 탐구활동을 통해 학생들이 구성할 수 있는 ‘기작’ 속성의 개념의 비중이 낮게 나타난 이유로는 학생들이 탐구활동을 통해 ‘기작’ 속성의 개념을 경험하기 어렵다는 것을 들 수 있다. 다시 말해서 학생들은 미시적인 요소들이 독립적이며 무작위적인 행동 특성을 보이는 ‘기작’ 속성의 개념을 관찰하기가 어려우

며, 탐구활동에서는 그러한 요소들의 총체적인 순효과만을 관찰하게 된다는 것이다(Chi *et al.*, 2012). 따라서 학생들은 ‘기작’ 속성의 과학 개념 학습에 어려움을 겪게 된다.

학생들이 탐구활동을 통해 과학 개념을 구성해나가기 위해서는 탐구 결과를 바탕으로 과학적 추론이 이루어져야 하며, 과학적 추론은 탐구활동에 제시된 질문에 의해 유발됨이 알려져 있다(정주혜, 김희백, 2009). 따라서 탐구활동에 포함된 질문이 어떠한 과학적 추론을 이끌어내고, 이것이 학생들의 개념 구성을 어떻게 지원할 수 있는지를 알아보하고자 하였다.

<표 4> 단원별 탐구활동의 개념 속성 비교 빈도 (%)

| 단원명 \ 개념 속성      | 구조       | 기능       | 행동       | 기작       | 합          |
|------------------|----------|----------|----------|----------|------------|
| 광합성              | 9(31.0)  | 5(17.2)  | 14(48.3) | 1(3.5)   | 29(100.0)  |
| 소화, 순환<br>호흡, 배설 | 7(18.9)  | 3(8.1)   | 23(62.2) | 4(10.8)  | 37(100.0)  |
| 자극과 반응           | 1(3.5)   | 11(37.9) | 14(48.3) | 3(10.3)  | 29(100.0)  |
| 생식과 발생           | 4(18.2)  | 3(13.6)  | 14(63.6) | 1(4.5)   | 22(100.0)  |
| 유전과 진화           | 4(10.0)  | 6(15.0)  | 17(42.5) | 13(32.5) | 40(100.0)  |
| 소계               | 25(16.0) | 28(17.8) | 82(52.2) | 22(14.0) | 157(100.0) |



## 1.2. 탐구활동에 제시된 질문의 추론 유형과 개념 속성간의 관계

탐구활동에서 제시된 질문에서 요구하는 추론 유형과 구성 가능한 개념 속성간의 관계를 분석한 결과는 <표 5>와 같다. 탐구활동에 포함된 질문 중에 현상 기반 추론을 요구하는 경우는 관계 기반 추론과 모형 기반 추론만을 각각 요구하는 7개, 4개의 탐구활동을 제외한 146개 탐구활동이 해당된다. 다시 말해서 대부분의 탐구활동은 관찰한 결과를 진술하는 현상 기반 추론을 기본적으로 요구한다고 할 수 있다. 그 중에서 현상기반 추론만을 요구하는 탐구활동 20개를 보면, 이를 통해 구성 가능한 개념 속성으로 ‘구조’ 속성이 85%로 가장 높게 나타났다. 이 탐구활동에서는 학생들이 관찰한 결과가 어떻게, 왜 일어났는지에 대한 구체적인 설명보다는 관찰한 것을 있는 그대로 묘사하는데 중점을 두고 기술하기를 요구하므로 ‘구조’ 속성의 개념에 한정된 지식 구성을 할 수밖에 없는 것으로 보인다.

그러나 현상 기반 추론을 요구하는 질문이 관계 기반 추론이나 모형 기반 추론과 함께 제시된 경우는 탐구활동에서 구성 가능한 개념 속성이 달라진다. 관계 기반 추론을 요구하는 질문이 현상 기반 추론 질문과 함께 제시된 경우는 ‘기능’ 속성과 ‘행동’ 속성의 개념을 구성한다고 분석된 탐구가 각각 25개와 33개로 많이 나타나고 있다. 이러한 탐구활동에서는 현상 기반 추론을 통해 실험 결과를 진술한 후에 현상이 일어나는 원인에 대해 인과관계, 상관관계를 요구하는 관계 기반 추론을 하게 함으로서 ‘기능’ 속성과 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하도록 하고 있다.

이에 비해 모형 기반 추론 질문은 현상 기반 추론 질문과 함께 제시되면서 구성 가능한 개념의 속성이 좀 더 확장되는 특성을 보였다. 모형 기반 추론 질문이 현상 기반 추론 질문과 함께 제시된 24개의 탐구활동과 모형 기반 추론 질문이 현상 기반 추론뿐 아니라 관계 기반 추론 질문과 함께 제시된 39개의 탐구활동을 보면, 여기서 구성 가능한 개념의 속성으로 ‘행동’ 속성이 58.0%와 64.0%였으며, ‘기작’ 속성이 33.6%와

36.0%였다. 이러한 탐구에서는 탐구 결과로 나타난 패턴을 현상 기반 추론을 통해 인식하게 한 후에 이러한 패턴을 유발한 변인 간의 관계를 관계 기반 추론을 통해 파악하도록 한다거나 과학 개념과 모형에 연결 지어 설명하도록 모형 기반 추론을 요구한다. 이 때 과학 개념을 연결짓기는 하지만 현상을 유발하는 행위체(변인)들 간의 직접적인 인과관계나 상관관계를 설명하도록 함으로써 ‘행동’ 범주의 개념 구성에 그치는 경우가 많았다. 하지만 현상을 유발하는 구성 요소가 독립적이며 무작위적으로 작동한다는 관점에서 바라보게 하여, 각 요소들이 일으키는 단일 사건이 동시에 지속적으로 상호작용함으로써 나타나는 순효과를 설명하도록 함으로써 ‘기작’ 범주의 개념을 구성하도록 요구하기도 하였다.

현재 과학 교과서에 제시된 탐구활동에서 모형 기반 추론과 같은 고차원적인 사고를 요구하는 질문이 제시된 경우와 복합적인 추론의 사고를 요구하기 위해 여러 추론 유형의 질문이 함께 제시된 경우 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념은 단순하고 경험 가능한 ‘구조’ 속성이나 ‘기능’ 속성보다 복잡하고 추상적인 ‘행동’ 속성이나 ‘기작’ 속성을 지닌 개념을 더 많이 지원하는 것으로 분석했다. 또한 모형 기반 추론과 같은 높은 수준의 과학적 추론을 이끌어내는 질문을 받았을 때 학생들은 모형 기반 추론을 하기 보다는 현상을 기반으로 관계 기반 추론을 하는데 그친다는 선행연구를 통해, 학생들이 적절하게 모형 기반 추론을 할 수 있도록 교사들의 적절한 스캐폴딩을 제공할 필요가 있다(Ge & Land, 2004; 한문현, 김희백, 2012; 조현아 외, 2013).

<표 5> 질문의 추론유형에 따른 탐구활동 개념 속성 빈도(%)

| 추론<br>개념 속성 | 구조       | 기능       | 행동       | 기작       | 소 계       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 현상          | 17(85.0) | 1(5.0)   | 2(10.0)  | 0(0.0)   | 20(100.0) |
| 관계          | 1(14.0)  | 1(14.0)  | 5(71.0)  | 0(0.0)   | 7(100.0)  |
| 모형          | 1(25.0)  | 0(0.0)   | 3(75.0)  | 0(0.0)   | 4(100.0)  |
| 현상/관계       | 5(8.0)   | 25(40.0) | 33(52.0) | 0(0.0)   | 63(100.0) |
| 현상/모형       | 1(4.2)   | 1(4.2)   | 14(58.0) | 8(33.6)  | 24(100.0) |
| 관계/모형       | 0(0.0)   | 0(0.0)   | 0(0.0)   | 0(0.0)   | 0(0.0)    |
| 현상/관계/모형    | 0(0.0)   | 0(0.0)   | 25(64.0) | 14(36.0) | 39(100.0) |

### 1.3. 탐구활동을 통한 개념 구성 지원 사례

#### 1.3.1. '구조' 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례

생물의 '구조' 속성을 지닌 개념에 대한 이해를 돕는 탐구사례는 실제 맨눈으로는 관찰하기 어렵거나, 인간 몸속에 존재하는 복잡한 구조들로 이루어진 관계를 알아보기 위해, 현미경과 같은 도구나 실제와 유사한 비유모형을 활용하고 있다. 학생들에게 '구조' 속성을 지닌 개념에 대한 이해를 돕기 위해 제시된 탐구사례는 다음과 같다.

<그림 1>은 '자극과 반응' 단원에서 '뇌 모형으로 뇌 구조 확인하기(C교과서, 386쪽)'에 대한 탐구활동이다. 실제 뇌를 학생들이 직접 관찰하기 어렵기 때문에 뇌 모양과 유사한 모형을 통해 뇌의 겉모습을 관찰하고 각 부분들을 직접 분리해봄으로써 뇌의 구조를 학습하는 활동이다. 학생들은 모형을 실질적으로 조작해봄으로써 이로 인해 얻은 정보들을 구조화하고 개념을 형성할 수 있다(김애정 외, 2012). 이러한 조작뿐 만 아니라 탐구활동에 제시된 질문은 개념 구성을 할 수 있도록 인지적 노력을 제공하고 있다.

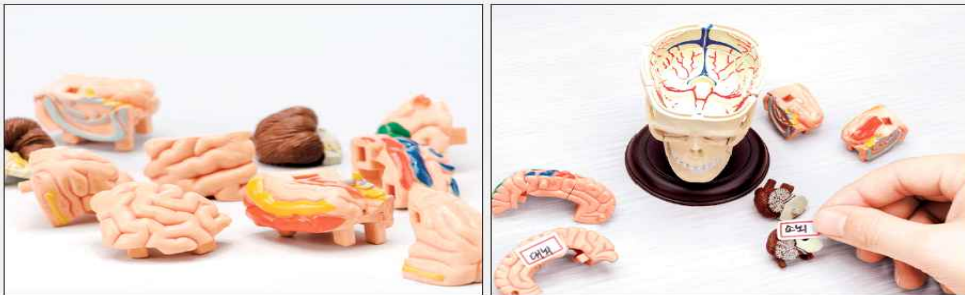
첫 번째 질문에서는 학생들에게 대뇌의 겉모습을 관찰하고 이를 바탕으로 묘사하거나 기술하기를 요구하고 있다. 이 질문에 대해 학생들은 플라스틱 모형을 관찰하면서 대뇌의 특성인 '뇌의 각 부분 중에서 가장 크고 표면에 주름이 많으며 좌우로 나뉘어 있다'는 구조적 특징을 현상 기반 추론을 통해 그대로 묘사하여 설명할 수 있다. 그 다음 질문은 학생들로 하여금 뇌 모형을 분리하고 직접 맞춰보는 조작을 하면서 뇌가 어떤 구조로 이루어졌는지 관찰을 기반으로 설명하도록 요구하고 있다. 학생들은 뇌를 구성하는 여러 요소들의 크기, 모양 등 형태를 살피고 대뇌 다음으로 큰 뇌를 찾아보는 활동을 수행할 것이다. 이때 대뇌와 마찬가지로 주름이 많으며, 좌우로 나뉜 소뇌를 찾아 설명하고, 뇌의 말단부에 있는 척수와 가장 가까이 위치한 뇌인 연수를 찾아 이를 설명할 수 있다.

따라서 <그림 1>의 탐구활동을 통해 학생들은 뇌 모형이라는 도구를 사용하여 뇌가 무엇으로 구성되었으며, 뇌의 크기, 모양 등을 직접 관찰하고 경험할 수 있다. 그리고 학생들이 뇌를 더 면밀히 들여다볼 수 있도록 유도하고 관찰한 내용을 기반으로 묘사하도록 현상기반 추론을 요구하는 질문들을 제시함으로써 학생들은 뇌를 구성하는 구조적 요소들을 이해할 수 있다.

#### 해 보기 뇌 모형으로 뇌 구조 확인



두 사람이 짝이 되어 뇌 모형의 겉모습을 관찰한 후, 뇌의 각 부분을 하나씩 분리한다. 한 사람이 뇌의 각 부분의 기능을 설명하면 다른 사람은 라벨 스티커에 대뇌, 소뇌, 간뇌, 중간뇌, 연수 중 한 가지를 써서 해당되는 부분에 붙인다. 분리한 뇌 모형을 조립하여 뇌의 전체 모습을 완성한다.



1. 대뇌 겉모습의 특징을 써 보자.
2. 대뇌 다음으로 큰 뇌는 무엇이며, 척수와 가장 가까이 위치한 뇌는 무엇인가?

<그림 1> 뇌 모형으로 뇌 구조 확인하기(C교과서, 386쪽)

### 1.3.2. ‘기능’ 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례

‘기능’ 속성의 개념을 구성하도록 지원하는 탐구 사례에서는 생물을 구성하는 하나의 요소가 작동하는 역할이나 목적을 알아보는 질문이 제시된다. 이러한 특징을 잘 드러내는 탐구 사례는 ‘자극과 반응’ 단원에서 제시된 탐구 활동 중 하나인 ‘음식 맛의 구별(C교과서, 379쪽)’이다(그림 2). 탐구활동을 통해 학생들은 코를 막지 않은 경우 주스의 맛을 쉽게 구별할 수 있으나, 코를 막은 경우에는 맛을 제대로 구별할 수 없음을 경험하게 된다. 다시 말해 학생들은 각각의 주스에서 느껴지는 사과 향과 포도 향을 맡지 못한 경우 주스의 단맛과 신맛만을 느끼게 되어 어떤 주스인지 구별하는데 어려움을 느끼게 된다. 이로써 음식의 맛을 구별하기 위해서는 미각과 후각의 역할이 동시에 이루어져야 함을 학습하도록 지원한다.

탐구 활동에서 제시한 첫 번째 질문은 ‘코를 막았을 때와 막지 않았을 때 중 어느 경우에 사과 주스와 포도 주스를 잘 구별하였는가?’이다. 활동을 통해 얻은 자신의 실험 결과를 토대로 학생들은 제시된 첫 번째 질문을 해결하게 되며, 이 때 질문은 학생들이 현상에 초점을 두고 직접 관찰 가능한 현상을 묘사하도록 하는 현상기반 추론을 통해 후각은 미각에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있도록 제시되었다. ‘코를 막지 않은 경우와 코를 막은 경우에 주스의 맛이 다르게 느껴지는 이유는 무엇인지 설명’하도록 제시한 두 번째 질문은 학생들에게 후각세포와 미각세포의 작동에 대한 구체적인 언급 없이 후각과 미각세포의 기능에 대한 연관성만 다루고 있다, 즉, 두 감각간의 상관관계에 대한 사고에만 머무는 관계기반 추론을 요구하고 있다.

따라서 <그림 2>의 탐구활동은 현상 기반 추론과 관계 기반 추론을 요구하는 두 가지 질문을 통해 학생들이 맛을 구별하기 위한 미각과 후각의 ‘기능’ 속성 개념을 구성하도록 지원하는 탐구활동이라고 분석하였다.

탐구
음식 맛의 구별

**준비물**

안대, 면봉, 소금물, 설탕물, 식초, 고기 삶은 물, 커피 용액, 사과 주스, 포도 주스, 물

**과정**

1. 두 사람이 짝이 되어 한 사람의 눈을 안대로 가린다.
2. 7 가지 용액(소금물, 설탕물, 식초, 고기 삶은 물, 커피 용액, 사과 주스, 포도 주스)을 준비하여 각각의 면봉에 용액을 묻혀 혀에 대고 어떤 맛이 느껴지는지, 어떤 용액인지 말하게 한다.
3. 이번에는 안대를 한 사람이 손으로 코를 막은 후 면봉에 사과 주스나 포도 주스를 묻혀 혀에 대고 어떤 맛이 느껴지는지, 어떤 용액인지 말하게 한다.

눈을 가리고 실험을 하는 이유는 미각이나 후각이 아닌, 시각을 통해 어떤 용액인지 알지 못하고 맛을 예상하여 답하는 것을 막기 위해서이다.

**결과 및 정리**

1. 코를 막지 않고 각 용액에서 느껴지는 맛을 표에 기록해 보자.  
또, 표의 구별란에 용액의 종류를 맞혔으면 ○, 틀렸으면 ×로 표시해 보자.

| 용액 | 소금물 | 설탕물 | 식초 | 고기 삶은 물 | 커피 용액 | 사과 주스 | 포도 주스 |
|----|-----|-----|----|---------|-------|-------|-------|
| 맛  |     |     |    |         |       |       |       |
| 구별 |     |     |    |         |       |       |       |

2. 코를 막았을 때와 막지 않았을 때 중 어느 경우에 사과 주스와 포도 주스를 잘 구별하였는가? 그 이유는 무엇인지 설명해 보자.




**유의점**

- 각 용액을 맛보는 면봉은 섞이지 않도록 주의한다.
- 다른 용액을 맛보기 전에 입안을물로 깨끗이 행구게 한다.

<그림 2> 음식 맛의 구별(C교과서, 379쪽)

### 1.3.3. ‘행동’ 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례

‘행동’ 속성의 개념을 구성하도록 지원하는 탐구 사례는 거시적으로 관찰 가능한 특정 현상이 어떠한 순차적인 과정으로 인해 일어나게 되었는지 설명하고, 이러한 현상이 일어나게 된 원리를 알아보는 질문이 제시되었다. ‘광합성’ 단원에서 제시된 탐구 활동인 ‘뿌리에서 물을 흡수하는 원리 알아보기(A교과서, 156쪽)’는 이러한 특징을 잘 드러내는 탐구 사례이다(그림 3). 이 탐구 활동에서 관찰한 현상을 바탕으로 학생들이 식물의 뿌리가 삼투를 통해 물을 흡수한다는 개념을 구성하도록 지원하기 위해 물의 이동에 주목할 수 있도록 실험관을 비유 모형으로 활용하였다(Harrison & Treagust, 2000). 시험관 안에는 설탕물을, 비커에는 증류수를 넣었다. 이를 통해 뿌리 안팎의 농도차를 표현하였다. 그리고 시험관 입구는 셀로판지로 감싸 막아, 식물 세포의 반투과성 막을 표현하였다. 그리고 시험관을 거꾸로 스탠드에 매달아 시험관 입구를 비커 안의 증류수에 담갔다. 이렇게 설치한 비유 모형을 통해 학생들은 시험관 내부의 설탕물 높이가 변화하는 것을 관찰할 수 있다. 그리고 탐구에서는 두 가지 질문을 제시하여, 실험 장치에 대한 이해를 토대로 학생들이 식물의 뿌리가 어떻게 물을 흡수하는지 이해할 수 있도록 지원하였다.

탐구 활동에서 제시한 첫 번째 질문은 ‘설탕물의 높이는 어떻게 변하였는가?’이다. 이 질문은 학생들에게 시험관 내부의 설탕물 높이 변화를 관찰하도록 지원하며, 이 실험에서 일어난 현상을 있는 그대로 기술하도록 요청한다. 따라서 이 질문에서는 관찰한 현상이 왜 일어났는지에 대한 구체적인 설명은 요청하지 않는다는 점에서 현상 기반 추론만 요구하고 있다. 그리고 학생들에게 물의 높이가 변하게 된 이유에 대해 사고하도록 두 번째 질문 ‘이러한 변화가 나타난 이유는 무엇인지 설명해보자’가 제시되었다. 이 질문에서 학생들이 시험관의 설탕물과 비커의 증류수에 대한 농도 차에 주목하여, 시험관 안의 설탕물 높이가 높아진 이유를 설명하기를 기대한다. 이에 외부에서 증류수라는 행위체가 셀로판지를 통과하여 시험관 내에 유입되었기 때문이라고 파악할 것을 기대한다. 즉,



관찰 가능한 현상이 나타나는 원인을 설탕물과 증류수의 농도 차를 바탕으로 물이 이동하는 양상을 설명하도록 요청하는 질문이기에, 이는 관계 기반 추론에 해당한다고 보았다.

이 탐구활동을 통해 학생들은 증류수라는 행위체에 중점을 두고 비커에서 셀로판지를 통과하여 시험관 안으로 유입되는 현상을 관찰함으로써 저농도에서 고농도로 물이 이동하는 삼투 현상을 이해할 수 있다. 하지만 증류수라는 거시적인 관점 말고 물분자라는 미시적 관점에서는 독립적이며 무작위적으로 셀로판지를 통과할 수 있으며, 시간이 흐른 뒤 비커와 시험관의 농도가 평형을 이루었을 때 일어나고 있는 현상을 직접 관찰하기 어렵기 때문에 학생들은 탐구를 통해서 학습하기 어렵다. 따라서 본 탐구 활동에서는 학생들에게 증류수의 하위집단인 물 분자의 이동 양상보다는 농도에 따른 증류수의 이동 방향에 주목하도록 요청한다. 이에 본 탐구 사례에서 학생들이 구성하도록 지원하는 개념의 속성은 ‘기작’이 아니라 ‘행동’에 해당한다고 분석하였다.

해 보기

뿌리에서 물을 흡수하는 원리 알아보기

1. 시험관에 설탕물을 넣고, 셀로판지로 시험관 입구를 감싸 막는다.
2. 증류수가 담긴 비커에 과정 1의 시험관을 거꾸로 세워 고정하고, 시험관에 담긴 설탕물의 높이 변화를 관찰한다.

※ 설탕물의 높이는 어떻게 변화였는가? 이러한 변화가 나타난 이유는 무엇인지 설명해 보자.

<그림 3> 뿌리에서 물을 흡수하는 원리 알아보기(A교과서, 156쪽)

#### 1.3.4. '기작' 속성의 개념 구성을 지원하는 탐구 사례

'기작' 속성은 어떤 자연 현상이 작용하는 작동 원리에 대한 것이다. 이 수준에서는 구성 요소의 지속적이면서 역동적인 상호작용이 복합되어 '창발적 효과'가 나타난다(Chi, 2005). 현상에 대해 눈에 보이는 변화가 없을지라도, 분자 수준에서는 요소 사이의 지속적인 상호작용이 존재할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 속성을 가진 개념을 '기작'으로 범주화하였다.

<그림 4>는 '광합성' 단원에서 제시된 '식물의 호흡과 기체 교환'(C교과서, 194쪽)에 대한 탐구활동이다. 이 활동의 목표는 BTB 용액의 색깔 변화를 통해 식물이 호흡을 한다는 점을 확인하고, 광합성량과 호흡량에 따른 식물의 기체 교환을 이해하는 것이다.

실험을 통해 학생들은 각 시험관의 BTB 용액의 색깔 변화를 관찰할 수 있다. 이 때 예상되는 실험 결과는 다음과 같다. 시험관 A은 대조군으로 초록색으로 나타난다. 시험관 B는 사람의 호흡에 의해 발생한 이산화탄소에 의해 황색을 띤다. 시험관 C는 빛을 충분히 받은 식물이 일으킨 광합성량이 호흡량보다 많아 BTB 용액 내의 이산화탄소를 소모하여 청색으로 변하게 된다. 시험관 D는 황색으로 변하였는데 이는 은박지로 빛을 차단하였기 때문에 광합성은 일어나지 못하고 호흡만 일어났음을 알 수 있다.

위의 관찰 결과를 바탕으로 학생들은 현상 기반 추론 및 관계 기반 추론을 통해 식물의 호흡으로 생성되는 기체가 무엇인지 알 수 있다. BTB 용액의 색깔 변화 관찰하고 난 뒤, 탐구활동에서는 '식물의 호흡 결과 발생하는 기체는 무엇인가?'라는 질문이 제시된다. 이 때, 학생들은 시험관 B와 D의 변화를 통해 호흡 결과 발생하는 기체를 추론할 수 있다. 우선 학생들은 시험관 B, D의 BTB 용액이 황색으로 변화하는 현상을 관찰함으로써 현상 기반 추론을 할 수 있다. 이 후 사람의 호흡에 의해 황색으로 변한 시험관 B와 식물의 호흡에 의해 황색으로 변한 시험관 D를 비교하여, 식물의 호흡 결과 발생하는 기체를 추론할 수 있다. 이는 사람의

호흡과 식물의 호흡으로 인해 나타난 BTB 용액 색깔 사이의 관계에 기반을 두기에 관계 기반 추론으로 해석할 수 있다.

이어지는 질문에서는 학생들에게 시험관 C와 D에서 색깔 변화가 나타난 이유를 호흡과 관련지어 설명을 요구하고 있다. 이 때, 시험관 C의 색깔 변화를 설명하기 위해서는 광합성과 호흡 과정을 이해하고 이들 사이의 관계를 파악하는 것이 필요하다. 우선 BTB 용액이 청색으로 변한 현상을 바탕으로 학생들은 이산화탄소의 양의 감소를 추론할 수 있을 것이다. 이 때 이산화탄소가 감소한 원인을 빛을 받은 식물의 광합성 과정과 연결 지어 설명할 수 있어야 하며, 이는 관계 기반 추론으로 해석할 수 있다. 한편, 위에서 서술한 바에 따르면 학생들은 시험관 D를 통해 식물이 호흡을 한다는 것을 알 수 있다. 그러나 시험관 C의 색깔 변화는 식물의 호흡에서 나타나는 색깔 변화와 다르게 나타남을 관찰한다. 이에 대해, 학생들은 빛을 받은 식물에서는 광합성이 호흡에 비해 상대적으로 많이 일어나기 때문에 그에 따라 외관상의 기체 출입이 다르게 나타날 수 있음을 추론할 수 있어야 한다. 이 과정은 광합성과 호흡이라는 물질대사를 복합적으로 고려하는 모형 기반 추론에 해당된다고 볼 수 있다.

종합하면, 제시된 탐구활동은 학생들이 광합성과 호흡에 대한 물질대사를 모두 고려하여 자연 현상을 설명하는 ‘기작’ 속성의 개념 구성을 지원한다고 설명할 수 있다. BTB 용액의 색깔 변화를 바탕으로, 학생들은 현상 기반 추론 및 관계 기반 추론을 통해 호흡 결과 발생하는 기체와 광합성에 사용되는 기체가 이산화탄소라는 것을 알 수 있을 것이다. 또한 학생들은 시험관 C에서 BTB 용액이 청색으로 변한 이유를 설명하기 위해 광합성량과 호흡량의 차이에 의한 기체 출입을 모형 기반 추론을 통해 이해할 수 있을 것이다. 시험관 C에서 길으로는 이산화탄소 양이 감소하는 현상만 드러나지만, 광합성 과정에서 이산화탄소를 소모함과 동시에 호흡에 의해 이산화탄소를 발생시킨다는 점을 알 수 있게 된다. 광합성과 호흡과의 관계는 미시적 관점에서 이산화탄소가 지속적인 상호작용의 매개가 되어 거시적 관점에서의 새로운 창발적인 효과를 불러일으킨다는 측면에서(Chi, 2005), ‘기작’ 수준의 개념 속성이라 할 수

있을 것이다.

다만 이 탐구활동을 통해 학생들이 추론하거나 개념 구성하는 과정에서 기대한 개념 수준에 도달하기 어려울 수도 있다. 광합성과 호흡에 대한 기존 연구들에 따르면, 상당히 많은 학생들이 식물은 밤에만 호흡을 한다는 오개념을 갖고 있다(정영란, 강경리, 1998; 임수민 외, 2012; Özyay & Öztaş, 2003). 이는 광합성이 활발하게 일어날 때 겉으로 보이는 기체의 출입에서 호흡에 의한 이산화탄소 발생이 보이지 않아, 실제 과정을 시각적으로 확인할 수 없기 때문이다(김동렬, 2009). 따라서 위의 탐구활동을 수행할 때, 학생들이 눈에 보이는 현상만을 고려한다면 모형 기반의 추론이 이끌어내지 못하고 ‘기작’ 속성의 개념을 구성하는데 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 교사는 학생들이 가질 수 있는 어려움을 충분히 인지하고, 학생들이 BTB 용액의 색깔 변화를 통해 광합성으로 인한 산소 발생, 혹은 이산화탄소의 감소 둘 중 하나의 행위체의 변화만을 고려하기 보다는 광합성과 호흡에 의한 산소와 이산화탄소의 복합적인 상호작용을 사고할 수 있도록 학생들에게 분명한 개념 속성을 지원해야 한다(Chi *et al.*, 2012).

**탐구**    식물의 호흡과 기체 교환

**● 유의점**

- 시험관이 깨지지 않도록 주의한다.
- 알루미늄박으로 감쌀 때 빛이 통하지 않도록 빈틈없이 쓴다.
- 실험이 끝난 후 사용한 시험관은 정해진 통에 모은다.

**BTB 용액 색깔 변화** \_ BTB 용액에 이산화 탄소가 많이 녹으면 황색으로 변하고 이산화 탄소가 줄어들면 청색으로 변한다.



많다 ← 이산화 탄소 → 적다

**준비물**

검정말, 시험관, 시험관대, 고무마개, 초록색 BTB 용액, 쌀대, 스포이트, 알루미늄박

**과정**

1. 4 개의 시험관 A~D에 똑같은 양의 초록색 BTB 용액을 각각 넣는다.
2. A는 그대로 두고, B에는 입김을 불어넣는다.
3. 시험관 C와 D에는 검정말을 넣고, D는 알루미늄박으로 감싸 준다.
4. 4 개의 시험관을 고무마개로 막은 다음 약 1시간 동안 햇빛이 잘 비치는 곳에 둔다.
5. 1 시간 후 BTB 용액의 색깔 변화를 관찰한다.

**결과 및 정리**

1. 각 시험관의 BTB 용액의 색깔 변화를 아래 표에 기록해 보자.

| 시험관   | A | B | C | D |
|-------|---|---|---|---|
| 색깔 변화 |   |   |   |   |

2. 식물의 호흡 결과 발생하는 기체는 무엇인가?
3. 시험관 C와 D에서 색깔 변화가 나타난 이유를 호흡과 관련지어 설명해 보자.





<그림 4> 식물의 호흡과 기체 교환(C교과서, 194쪽)

## 2. 소단원의 목표 개념 속성과 탐구활동

과학개념에는 중학생들이 이해하기 쉬운 것과, 이해하기 어려운 개념이 함께 공존하고 있다(Venville & Tregust, 1998). 학생들이 어려워하는 개념들은 주로 경험하기 힘든 추상적인 속성을 지닌다(민진선 외, 2004). Chi(2000)에 따르면 이러한 개념들이 지니고 있는 존재론적 속성은 처음과 끝에 대한 경계가 명확하지 않고, 지속적으로 발생하며, 여러 사건들이 동시적, 독립적, 무작위적으로 일어남으로서 이로 인해 사물의 속성이 새롭게 나타나는 평형범주에 해당한다. 하지만 탐구활동을 통해 구성하게 되는 개념의 속성은 대부분 한 요소가 다른 요소에게 직접적으로 영향을 주거나, 일련의 사건 과정을 나타내고 있으며, 처음과 끝에 대한 명확한 경계가 존재하는 사건범주의 속성을 지닌다.

이와 같이 평형범주 속성을 지닌 개념을 학생들이 구성할 수 있도록 탐구활동은 관찰가능하고 경험할 수 있는 현상을 기반으로 그들의 이해와 사고를 지원해 줄 수 있다(Hofstein & Lunetta, 1982).

따라서 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념이 소단원이 목표로 하는 개념에 잘 도달할 수 있도록 어떠한 지원을 제공하는지 알아보고자, 탐구활동과 소단원 개념간의 관계를 비교하였다.

### 2.1. 단원별 소단원의 개념 속성 비교

중학교 과학 교과서 생명영역에서 제시된 소단원의 주제와 본문을 종합하여 목표로 하는 개념 속성을 단원별로 분석한 결과는 다음 <표 6>과 같다. 소단원의 목표 개념 중 '행동' 속성을 지닌 개념이 49.7%로 가장 큰 비중을 차지하였으며. 그 다음 '기작', '기능', '구조' 순으로 나타나고 있다. '행동' 속성을 지닌 개념은 특히 '자극과 반응', '생식과 발생' 단원에서 72.4%와 72.8%로 높게 나타났다. '자극과 반응' 단원에서는 외부에서 자극이 주어졌을 때 생물의 구조에서 어떠한 변화가 일어나는지를 일련의 순차적인 과정으로 나타냄으로써 '행동' 범주의 개념을 제시하

고 있으며, ‘생식과 발생’ 단원도 세포분열과 같은 순차적 사건에 의한 유전자의 전달 등을 구조적 특징과 관련지어 제시한다. 이는 ‘구조’와 ‘기능’ 속성의 개념을 포함하여 ‘행동’ 속성을 지닌 핵심적 개념을 구성하도록 요구한 것이라 할 수 있다.

이에 비해 ‘유전과 진화’ 단원은 ‘기작’ 속성의 개념 구성을 요구한 소단원이 전체의 65%로 가장 많았다. 이 단원에서는 학생들에게 유전물질이 전달되는 원리와 자연선택에 의해 특정 유전형질의 후손에게 전달되어 그 형질의 분포가 달라지는 진화 현상 기작을 이해하도록 요구한다. 이때 특정 유전형질을 지닌 개체들은 독립적이며 무작위적으로 행동을 하며, 특정 시점에 각 개체들의 행동을 집합적으로 반영한 순 효과가 나타나게 된다. 이러한 순 효과를 나타내는 사건들이 동시에 발생했을 때 새로운 속성이 나타나는 창발적 효과를 보여주기도 한다. 이러한 개념의 속성은 학생들이 일상에서 경험하기 어려운 복잡하고 추상적인 속성을 지니고 있기 때문에 학생들이 이해하는데 어려움을 초래한다(민진선 외, 2004; 정주혜, 김희백, 2009).

생명과학에서 구조와 기능을 강조하지만, 교과서의 소단원에서 구성을 요구하는 목표 개념 속성이 ‘구조’와 ‘기능’인 경우는 각각 3.8%, 15.9%에 불과한 것으로 나타났다.

<표 6> 단원별 소단원의 개념 속성 비교 빈도(%)

| 단원명 \ 개념 속성      | 구조     | 기능       | 행동       | 기작       | 소계         |
|------------------|--------|----------|----------|----------|------------|
| 광합성              | 2(6.9) | 9(31.0)  | 12(41.4) | 6(20.7)  | 29(100.0)  |
| 소화, 순환<br>호흡, 배설 | 2(5.4) | 6(16.2)  | 19(51.4) | 10(27.0) | 37(100.0)  |
| 자극과 반응           | 0(0.0) | 4(13.8)  | 21(72.4) | 4(13.8)  | 29(100.0)  |
| 생식과 발생           | 1(4.5) | 3(13.6)  | 16(72.8) | 2(9.1)   | 22(100.0)  |
| 유전과 진화           | 1(2.5) | 3(7.5)   | 10(25.0) | 26(65.0) | 40(100.0)  |
| 소계               | 6(3.8) | 25(15.9) | 78(49.7) | 48(30.6) | 157(100.0) |

소단원은 지식을 논리적인 체계로 나누어 구성한 단원으로(김진옥, 2010), 소단원에서 단순히 생물체의 구조적 특징만을 다루기보다는 생명 현상이라는 과정적 특징을 구조화하여 다루고 있기 때문에 ‘기능’, ‘행동’, ‘기작’ 속성의 개념을 구성하도록 요구하는 소단원이 전체의 96.2%에 달하는 것으로 여겨진다. 개념의 과정 속성 중에서도 가장 하위 속성이라 할 수 있는 ‘기능’ 범주의 개념 구성을 요구하는 소단원이 전체의 16.6%에 불과하다는 것은 생물의 특정 부분의 역할을 단순히 구조와 연결 짓기보다는 생명현상이 어떻게 일어났는지를 심도 있게 이해하기를 요구함을 말해준다.

## 2.2. 소단원의 목표 개념 속성과 탐구활동 개념 속성

과학 교과서 ‘생명과학’ 영역의 소단원은 전체의 66.2%가 ‘행동’이나 ‘기작’ 범주의 개념을 구성하도록 요구하는 것으로 나타났다. 이러한 목표 개념을 구성하는데 탐구활동이 충분한 인지적 조력을 제공하는지 혹은 제한하는지를 알아보려고 소단원과 탐구활동에서 구성하게 될 개념 속성들의 관계를 비교 분석하였다(표 7).

소단원의 목표 개념 속성이 ‘구조’인 경우에는 그 안에 포함된 탐구활동에서 구성하는 개념 속성도 모두 ‘구조’ 속성을 나타냈다. 이 경우에 소단원의 본문은 탐구활동에서 관찰하게 되는 결과를 그대로 묘사함으로써 탐구활동과 동일한 ‘구조’ 속성의 개념을 제시하고 있었다. 이에 비해 소단원에서 목표로 하는 개념 속성이 ‘기능’, ‘행동’, ‘기작’인 경우에는, 탐구활동에서 구성하는 개념의 속성은 다양하지만 소단원의 목표 개념 속성보다 낮은 수준의 속성을 보였다.

소단원의 목표 개념 속성이 ‘기능’인 경우에 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념 속성이 동일한 ‘기능’ 속성인 경우는 56%에 불과했으며, ‘구조’ 속성이 44%나 되는 것으로 나타났다. 탐구활동에서 적절한 도구(현미경 등)나 변인 조절 등의 개입을 통해 평소에 관찰하기 힘든 구조를 관찰하게 함으로써 간접적으로 특정 구조의 기능을 이해하도록 돕는 역

할을 할 수도 있겠으나, 소단원의 목표 개념인 ‘기능’ 속성을 이해하도록 지원하기 위해서는 탐구활동 질문의 수정과 보완이 요구된다고 할 수 있다.

소단원의 목표 개념 속성이 ‘행동’ 범주에 속하는 경우에는 이와 동일한 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동이 75.6%로 가장 많이 나타났다. ‘기능’과 심지어 ‘구조’ 속성의 개념 구성이 이루어지도록 하는 탐구활동이 15.4%와 9%였다. ‘행동’ 속성의 개념을 구성하게 하는 탐구활동에서 학생들은 생명현상에서 나타나는 변화를 관찰을 통해 경험하고, 탐구에서 제시된 질문을 통해 그러한 변화가 어떻게 일어나는지에 대한 일련의 과정을 사고하게 된다. 학생들은 탐구활동에서 이러한 사고를 함으로써 소단원의 ‘행동’ 속성을 지닌 목표 개념을 구성하게 된다. 그러나 ‘기능’과 ‘구조’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동을 하는 경우에는 ‘행동’ 속성의 소단원 목표 개념을 구성하는데 제한이 있을 것으로 보인다.

마지막으로 소단원에서 목표로 하는 개념 속성이 ‘기작’인 경우에 이와 동일한 ‘기작’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동이 45.8%에 불과한 것으로 나타났다. 그리고 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동이 47.9%로 이보다 많았고, ‘기능’과 ‘구조’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동도 4.2%와 2.1% 정도로 나타났다. ‘기작’ 속성을 지닌 개념은 비가시적인 분자 수준의 요소들이 무작위적이고 독립적으로 행동하여 평형에 도달한다는 특성을 내포한다.

하지만 이러한 속성을 탐구활동에서 직접 관찰하기 어려우므로 탐구활동에서는 한 요인이 다른 요인에게 직접적인 영향을 줌으로써 나타나는 물리적인 변화를 관찰하게 하는 경우가 많다. 이와 같이 ‘직접적 효과’를 직관적으로 인식하게 하는 탐구활동에서는 ‘행동’ 범주의 개념 구성만이 가능하다. 물론 이와 같은 탐구활동이 비가시적인 ‘기작’ 속성을 지닌 과학 개념에 대한 이해를 도울 수 있지만(Chi, 2005), 거시적 수준에서 관찰한 현상의 패턴이 어떻게 나타났는지를 미시적 수준에서 설명하도록 요구하는 교수적 지원(탐구 질문, 교사의 안내, 비유활동 등)이 이루어질



때 ‘기작’ 속성의 개념 구성이 가능할 것이다(Chi *et al.*, 2012).

<표 7> 소단원 목표 개념 속성과 탐구활동의 개념 속성 비교 빈도(%)

| 소단원<br>탐구활동 | 구조       | 기능        | 행동        | 기작        | 소계         |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 구조          | 6(100.0) | 11(44.0)  | 7(9.0)    | 1(2.1)    | 25(16.0)   |
| 기능          | 0(0.0)   | 14(56.0)  | 12(15.4)  | 2(4.2)    | 28(17.8)   |
| 행동          | 0(0.0)   | 0(0.0)    | 59(75.6)  | 23(47.9)  | 82(52.2)   |
| 기작          | 0(0.0)   | 0(0.0)    | 0(0.0)    | 22(45.8)  | 22(14.0)   |
| 소계          | 6(100.0) | 25(100.0) | 78(100.0) | 48(100.0) | 157(100.0) |

## 2.3. 탐구활동을 통한 소단원의 개념 구성 지원 가능성

### 2.3.1. 탐구활동과 소단원에서 구성할 개념 속성이 일치한 사례

<그림 5>는 ‘유전과 진화’ 단원에서 제시된 ‘척추동물의 앞다리 비교’라는 탐구활동(B교과서, 266쪽)을 나타낸 것이다. 시작 부분에서 학생들은 제시된 척추동물의 앞다리 골격을 비교하는 현상 기반 추론을 통해 골격의 구조가 비슷하다는 점을 알 수 있을 것이다. 이어지는 질문에서는 각 동물의 앞다리 형태와 기능의 비교를 통해 관계 기반 추론을 할 수 있다. 마지막 질문은 척추동물의 앞다리의 기본 골격 구조가 비슷하지만 형태와 기능이 다른 이유를 설명하는 것이다. 학생들은 공통 조상에 대한 이해를 바탕으로 동일한 기관이 진화가 일어나는 동안 서로 다른 환경에서 서로 다른 기능을 수행하도록 외부 형태와 기능이 달라졌음을 설명할 수 있어야 한다. 이는 공통 조상이라는 개념을 토대로 해서 앞다리 구조에 차이가 난 진화과정을 모형 기반 추론을 통해 해석하도록 요구한다. 이 탐구활동은 공통조상의 개념을 바탕으로 환경에 대한 적응과 시간의 흐름 속에서 끊임없이 일어나는 역동적인 변화를 설명하도록 요구한다는 점에서 ‘기작’ 속성의 개념 구성을 요구한다고 분석하였다.

해당 탐구활동이 제시된 소단원은 진화에 대한 간접적인 증거 중 하나인 비교해부학적인 증거에 대해 설명하고 있다. 이에 관하여 소단원에서 직접 언급된 내용은 다음과 같다.

...이처럼 생물의 몸에서 형태나 기능은 다르지만 발생 기원이 같은 기관을 상동 기관이라고 한다. 상동 기관을 통해 생물이 서로 다른 환경에서 적응하며 제각기 다른 형태와 기능을 가지도록 진화되어 왔다는 것을 알 수 있다. ..기능이 비슷하지만 발생 기원이 다른 기관을 상사기관이라고 한다., 상사기관은 유연관계가 먼 생물이라도 비슷한

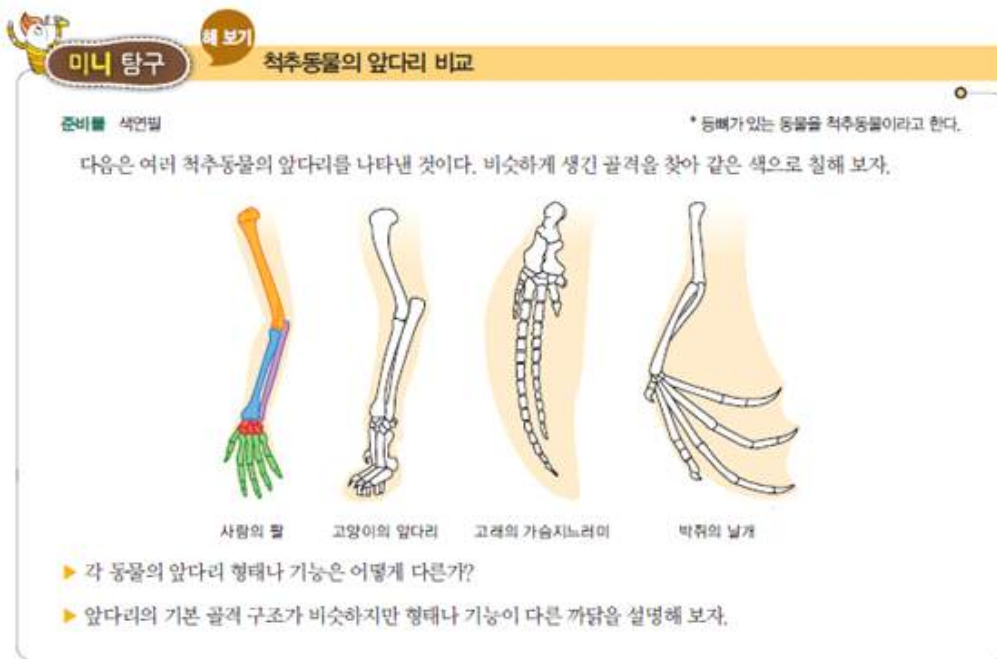
환경에 살면 유사한 기능을 가지도록 진화한다. ...흔적기관은 생물이 진화하는 과정에서 환경이 변함에 따라 그 기능이 줄어들 수 있다는 것을 보여준다. (B교과서, 266~267쪽)

교과서 진술에서는 현재 살고 있는 다양한 생물의 형태와 기능을 비교하여 진화의 증거를 설명하고 있다. 소단원에서는 비교해부학적 증거로 다음과 같이 상동기관, 상사기관, 흔적기관의 세 가지를 제시하면서, 발생 기원에서 현재에 이르기까지 생물이 서로 다른 환경에 적응해서 그에 맞는 형태와 기능을 가지도록 진화되어 왔다는 설명을 하고 있다. 생물들이 긴 시간을 지나오면서 다양한 환경에서 선택된 결과로 그 환경에 적응된 특성을 보이도록 지속적으로 변화하였다는 점은 ‘기작’ 속성에 해당한다고 볼 수 있다(Ferrari & Chi, 1998).

따라서 이 소단원과 탐구활동에서 구성하게 되는 개념 속성은 ‘기작’으로 서로 일치한다. 학생들은 탐구활동에서 제시된 그림 자료를 토대로 현상 기반, 관계 기반, 모형 기반 추론을 함으로써 소단원에서 목표로 하는 ‘기작’ 속성의 개념을 구성하는데 도움이 될 것으로 추정된다.

그러나 탐구활동이 소단원이 목표로 하는 ‘기작’ 속성의 개념 구성을 성공적으로 지원하기 위해서는 몇 가지 고려해야 할 사항이 있다. 우선 많은 학생들은 진화의 증거에 대해 목적론적인 관점을 가지고 있으며, 생물이 진화에서 능동적인 주체로 변화해 갈 것이라고 생각하고 있다(이춘승 외, 2007). 학생들의 목적론적인 관점은 증거 자료를 자신의 추론에 가져오는 과정에 작용하여 진화 개념의 속성에 대한 이해를 제한할 수 있다(정주혜, & 김희백, 2009; Ferrari & Chi, 1998). 또한 정주혜와 김희백(2009)은 교과서에 제시된 ‘척추동물의 앞다리의 기본 구조가 같다’라는 증거가 ‘공통조상으로부터 진화되었다.’라는 이론으로 연결시키기에는 충분하지 못하다는 점을 지적했다. 따라서 학생들은 이 탐구활동을 하면서 공통조상이라는 개념을 끌어오지 못하고 탐구에서 요구하는 모형 기반 추론을 이끌어내지 못할 수도 있다. 마지막으로 진화는 동시적이면서 환경에 의해 지속적으로 일어나고 있지만 이는 오랜 세월을 거쳐 변화되

어은 과정으로 직접 확인하기 힘들고, 이로 인해 학생들이 이해하는데 어려움을 가진다(Ferrari & Chi, 1998)는 것이다. 그래서 탐구활동에 제시된 간접적인 증거는 진화의 지속성(ongoing)을 이해하는데 제한점으로 작용할 수 있으므로 이에 대한 보완이 요구된다.



<그림 5> 척추동물의 앞다리 비교(B교과서, 266쪽)

### 2.3.2. 탐구활동과 소단원에서 구성할 개념 속성이 일치하지 않은 사례

‘증산 작용 관찰’ 탐구활동(C교과서, 177쪽)은 학생들이 증산 작용에 관한 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하도록 지원한다(그림 4). 하지만 이 탐구활동이 속한 소단원인 ‘식물의 구성’ 단원에서는 식물의 뿌리에서 흡수된 물이 잎의 기공을 통해 증산되어 공기 중으로 방출된다는 ‘행동’ 속성의 개념 뿐 아니라 이러한 증산작용이 식물 외부의 습도에 따라 지속적으로 조절된다는 ‘기작’ 속성의 개념까지 구성하도록 하고 있다.

탐구 활동에서는 잎을 제거한 가지, 잎이 달린 가지, 잎 주변을 비닐봉지로 감싼 가지를 각각 물이 담긴 눈금실린더에 담그고 어느 눈금실린더의 물이 가장 많이 줄었는지 비교하는 실험을 제시하였다. 그리고 탐구 활동에서 제시된 질문에서는 우선 학생들이 현상 기반 추론을 통해 물이 줄어든 정도를 측정·비교하도록 요구하고 있으며, 이와 아울러 3가지 처치에 따른 실험 결과를 변인(잎의 유무, 비닐봉지 유무)과 연결 짓게 하는 관계 기반 추론을 요청하였다. 이러한 질문들은 학생들이 눈금실린더에서 흡수한 물이 잎을 통해 방출된다는 ‘행동’ 속성의 개념을 구성할 수 있도록 지원한 것이라 할 수 있다. 또한 ‘탐구의 확장’에서 잎의 개수 또는 잎의 면적에 따른 물의 증발량을 계산하도록 요청하는 질문을 제시하여, 증산량과 기공수의 수리적 관계를 심화하도록 하고 있으나, 이를 통해 구성하는 개념 속성은 여전히 ‘행동’ 속성에 해당한다.

한편, 소단원에서는 이 탐구활동에서의 비닐봉지로 감싼 가지가 담긴 눈금실린더 내 물의 양에 주목하였다. 이에 관하여 소단원에서 직접적으로 언급된 내용은 아래와 같다.

... 잎이 달린 가지를 담긴 눈금실린더의 물이 잎이 없는 경우보다 더 많이 줄어든다. 그것은 잎에서 증산 작용이 일어나기 때문이다. 또, 잎이 달린 가지의 경우 비닐봉지를 씌우지 않은 쪽의 물이 많이 줄어든다. 그것은 증산 작용으로 비닐봉지 속에 수증기가 많아져 습


도가 높아지고, 그 결과 활발하던 증산 작용이 둔해졌기 때문이다. ... 증산 작용은 물이 잘 증발하는 조건에서 활발하게 일어나므로 빛이 강하거나 온도가 높을 때, 습도가 낮을 때에 더 활발하게 일어난다. ... (C교과서 p.177~178)

교과서 진술에서는 실험 결과로 나타나는 현상(눈금실린더 안의 물의 양 변화)을 제시하고, 이것이 잎의 기공을 통한 증산작용 때문임을 설명한다. 그리고 더 나아가 비닐봉지를 씌운 가지에 주목한 후에, 물 분자라는 행위체가 외부 환경의 습도에 영향을 받아 이동하는 패턴이 달라짐을 설명하고 있으며, 더 나아가 외부 환경의 습도가 빛이나 온도의 영향을 받을 수 있음을 언급하고 있다. 끊임없이 변화하는 외부 환경의 습도라는 요인에 따라 식물의 잎에서 물 분자가 빠져나가는 증산량이 조절된다는 개념은 '기작' 속성에 해당한다.

탐구활동에서 제한된 조건을 주기 위해 비닐봉지를 씌운 눈금실린더 C에 대해 어떠한 변화가 나타났는지 실험 결과에만 주목하여 질문을 제시하였다. 이는 현상 기반 추론을 요구하는 것으로 외부 환경에 의한 조절에 대해서는 학생들이 추론하도록 이끌지 못했다. 따라서 탐구활동에서 제시된 질문 1과 2은 학생들에게 식물의 가지에서 흡수한 물이 잎의 기공을 통해 방출된다는 '행동' 속성의 개념을 구성하도록 지원하고 있다. 학생들이 학습하는 과정에서 일어나는 인지적 부담을 줄이기 위해서는 '행동' 속성의 증산 작용 개념을 구성한 뒤 더 심화된 개념의 구성을 지원하는 것이 효과적인 학습 순서일 것이다(Chi, 2000). 그러나 학생들이 이와 같은 탐구활동의 진술에만 의존하여 증산 작용을 학습할 경우, '행동' 속성의 개념을 넘어선 증산작용의 조절에 대한 '기작' 속성의 개념을 구성하는데 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 학생들이 '기작' 속성의 개념을 이해하도록 하기 위해서는 그러한 개념을 구성할 수 있도록 인식적 전환을 제공할 필요가 있으며(Chi, 2000; Slotta & Chi, 1996), 이를 교과서 지문에서 제시된 단순한 명제 형식의 전달보다 탐구활동 후 증산 작용의 기작에 대해 소집단의 모형 구성 활동 등의 사회적 상호작용을

통해 지식을 구성할 수 있는 기회를 교사가 제공해야 한다(Chiu, Chou & Liu, 2002).

탐구
증산 작용 관찰
STEAM



**준비물**

잎이 달린 가지 3 개, 눈금실린더, 비닐봉지, 고무줄, 식용유, 물, 스포이트

**과정**

1. 3 개의 눈금실린더에 같은 양의 물을 넣고, 잎을 모두 뜯아 가지 1 개와 잎의 크기와 개수가 비슷한 가지 2 개를 각각 넣는다.
2. 각 눈금실린더에 식용유를 한 방울씩 떨어뜨린다.
3. 눈금실린더 C의 가지에만 비닐봉지를 씌우고 공기가 통하지 않도록 비닐봉지 밑부분을 잘 묶는다.
4. 눈금실린더 A~C를 햇빛이 잘 비치는 창가에 1 시간 정도 두었다가 물의 양을 비교한다.

**결과 및 정리**

1. 물이 가장 많이 줄어든 눈금실린더는 어느 것인가?
2. 물이 줄어들었다는 것은 무엇을 의미하는가?
3. 눈금실린더 C의 비닐봉지 속에서 어떤 변화가 나타났는가?



**탐구의 확장**

1. 잎이 10장 달려 있는 나뭇가지가 꽂혀 있는 눈금실린더에서 1 시간 동안 줄어든 물의 양이 5 mL라면, 1 시간 동안 잎 한 장을 통해 증발하는 양은 얼마인가? (단, 물의 증발은 잎을 통해서만 이루어진다고 가정한다.)
2. 잎 한 장의 넓이가 5 cm<sup>2</sup>라면, 1 시간 동안 1 cm<sup>2</sup>당 증발하는 물의 양은 얼마인가?

<그림 6> 증산 작용 관찰(C교과서, 177쪽)

### 3. 과학 개념 구성을 위한 시각자료의 역할

교과서에 제시된 시각자료는 학생들이 학습해야 하는 핵심적인 개념을 포함하고 있으며, 지식을 쉽고 명백하게 전달해주는 가장 좋은 수단이다. 이러한 시각자료는 학습 주제를 분명하게 시각화시킴으로써 학생들이 어려워하는 개념을 이해하는데 유용하다(손영욱, 박윤배, 2002; Han & Roth, 2006).

학생들이 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념속성이 소단원의 목표 개념 속성에 도달하지 않은 경우, 교과서의 텍스트나 시각자료가 이를 지원해줄 수 있다. 본 연구에서는 그 중 시각자료가 나타내는 개념의 속성을 파악하여, 소단원에서 목표로 하는 개념을 구성하도록 충분히 지원해 줄 수 있는지 탐색 하였다.

#### 3.1. 소단원의 목표 개념과 시각자료 개념 속성

중학교 과학 교과서 생명영역에서 소단원 목표 개념과 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념 속성이 일치하지 않은 경우는 56개가 나타났다. 이 사례들을 대상으로 시각자료가 나타내는 개념 속성이 소단원의 목표 개념과 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념 속성 사이의 간극을 줄이기 위해 충분한 인지적 조력을 제공하는지 알아보고자 하였다. 이에 소단원의 목표 개념 속성과 시각자료에서 나타내는 개념의 속성을 비교 분석한 결과는 <표 8>과 같이 나타났다.

탐구활동에서 구성하게 될 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성에 도달하지 못한 사례들 중, 시각자료가 나타내는 개념 속성과 소단원에서 목표로 하는 개념 속성이 일치하지 않은 경우는 28개 나타났다. 그리고 소단원에서 목표로 하는 개념이 ‘구조’ 속성을 제외한 ‘기능’, ‘행동’, ‘기작’인 경우, 시각자료는 다양한 개념 속성을 나타내고 있지만, 소단원에서 목표로 하는 개념 속성보다는 낮은 수준을 보이고 있었다.

소단원의 목표 개념과 해당 소단원에 포함된 탐구활동에서 구성하는



개념 속성이 ‘기능’-‘구조’로 일치하지 않은 경우, 해당 소단원에서 제시한 시각자료는 ‘구조’와 ‘기능’ 속성이 각각 4개, 7개 제시하고 있다. 시각자료는 탐구활동에서 관찰한 구성 요소들의 형태에 대한 기능을 분명하게 제시함으로써 학생들이 소단원에서 목표로 하는 구성 요소 각각의 기능을 이해할 수 있도록 인지적 지원을 제공하고 있었다. 하지만 탐구활동을 통해 학생들이 현미경 등의 도구를 사용하여 구조를 관찰해야 하지만 실제로 구조를 정밀하게 관찰하기 어렵거나 복잡한 구조들의 관계를 중점을 다루고 있는 경우, 탐구활동에서 구성한 개념을 지원하기 위해 구조적 속성을 지닌 시각자료를 제시하는 사례도 확인할 수 있었다.

소단원의 목표 개념이 ‘행동’ 범주에 속하는 경우, ‘구조’, ‘기능’, ‘행동’ 속성을 나타내는 시각자료가 9개, 3개, 6개이며, 그 중 ‘구조’ 속성을 지닌 시각자료가 ‘행동’ 속성을 나타내는 시각자료 보다 많이 나타났음을 확인할 수 있었다. ‘구조’ 속성을 나타내는 시각자료는 물리적인 형태를 보여주며, 학생들이 탐구활동을 통해 ‘구조’나 ‘기능’ 속성의 개념을 구성하는데 충분한 인지적 도움이 될 수 있지만, 구성 요소만 나타내는 시각자료만으로는 구성 요소들이 어떠한 순차적인 과정을 거쳐 패턴의 변화를 일으키는 것과 같은 ‘행동’ 속성에 해당하는 소단원의 목표 개념을 이해하는데 제한이 될 수 있다.

마지막으로 소단원의 목표 개념 속성이 ‘기작’을 나타내는데 탐구활동에서 구성 가능한 개념 속성이 일치하지 않은 26개의 사례들 중, 15개의 시각자료가 ‘기작’ 속성의 개념을 표상화 하였다. 소단원에서 목표로 하는 개념은 분자 수준의 미시적인 요소들이 복잡하고 지속적인 상호작용에 의해 평형에 도달한다는 특성을 갖고 있다. 이에 대해 대부분의 시각자료에서는 ‘기작’ 속성의 개념을 표상화함으로써 학생들이 관찰 가능한 패턴을 구성 요소들의 복잡하고 지속적인 상호작용으로 인해 일어난다는 것을 이해할 수 있도록 제시되었다. 하지만 그 이외의 ‘구조’, ‘기능’, ‘행동’ 속성의 개념을 나타내는 시각자료도 3개, 1개, 4개 제시되었다. ‘기작’ 속성보다 낮은 수준의 개념을 나타내는 시각자료를 통해 학생들은 소단원에서 목표로 하는 기작 속성을 지닌 개념을 이해하는데 어려움이 있을

수 있다. 따라서 위의 시각자료들을 바탕으로 학생들이 소단원의 목표 개념 속성에 도달할 수 있도록 교사의 질문, 비유 모형 등과 같은 다른 충분한 인지적 노력을 제공해 줌으로써 시각자료가 나타내는 개념 속성과 소단원의 목표 개념 속성 사이의 간극을 줄여야 한다.

<표 8> 소단원-탐구활동-시각자료의 개념 속성 분석

| 시각자료<br>개념속성* | 없음 | 구조 | 기능 | 행동 | 기작 | 소계 |
|---------------|----|----|----|----|----|----|
| 기능-구조         |    | 4  | 7  |    |    | 11 |
| 행동-구조         | 1  | 4  |    | 2  |    | 7  |
| 행동-기능         |    | 5  | 3  | 4  |    | 12 |
| 기작-구조         |    | 1  |    |    |    | 1  |
| 기작-기능         | 1  |    | 1  |    |    | 2  |
| 기작-행동         | 2  | 2  |    | 4  | 15 | 23 |

\* : (소단원-탐구활동)에서 목표로 하는 개념 속성 비교를 나타냄

## 3.2. 시각자료를 통한 소단원의 개념 구성 지원 가능성

### 3.2.1. ‘행동’-‘구조’로 일치하지 않은 경우

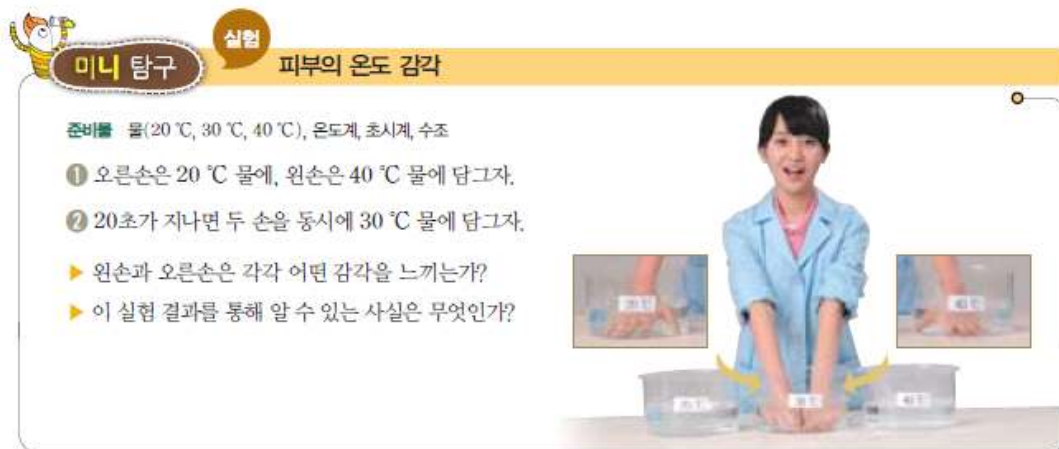
‘자극과 반응’ 단원에 제시되어 있는 탐구활동(그림 7)과 이와 관련된 시각자료(그림 8)는 감각점에 대한 ‘기능’과 ‘구조’ 속성의 개념을 구성하도록 지원한다. 그리고 탐구활동과 시각자료가 포함된 소단원 목표는 피부감각의 종류와 기능을 알고, 이를 바탕으로 피부 감각을 느끼는 과정을 설명하는 ‘행동’ 속성의 개념까지 구성하는 것이다.

탐구활동에서는 학생들이 오른손과 왼손을 각각 20℃와 40℃에 담근 뒤, 두 손을 동시에 같은 온도(30℃)에 넣어 어떤 감각을 느끼게 하는지 확인하는 실험이다. 학생들은 현상 기반과 관계 기반 추론을 요구하는 질문을 통해 다른 온도에 들어가 있던 양손이 같은 온도의 물을 다르게 느끼게 함을 경험하고, 피부에서 느껴지는 온도가 절대 온도가 아니라 상대적인 것이며, 피부에 존재하는 냉점과 온점이 같은 온도에서도 다르게 작동한다는 것을 설명할 수 있다. 이에 탐구활동에서는 피부의 감각점이 일으키는 ‘기능’ 속성의 개념을 구성할 수 있다.

반면, 소단원에서 목표로 하는 개념은 서로 다른 기능을 하는 감각점의 분포를 바탕으로 특정 감각점이 많은 부위에 그 감각점이 받아들이는 자극을 주게 되면 흥분이 일어나고, 이 흥분으로 하여금 감각신경을 따라 대뇌로 전달하여 감각을 느끼게 된다는 일련의 순차적인 과정을 학습하는 것이다. 감각점에 의해 자극을 수용하고, 수용된 자극(행위체)이 일련의 순차적인 과정을 거쳐 감각을 느끼게 된다는 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하게 된다.

이러한 소단원의 목표 개념과 탐구활동을 통해 구성하게 되는 개념의 속성이 ‘행동’과 ‘기능’으로 다르게 구성되어 있다. 탐구활동을 통해 구성하게 된 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성에 도달하도록 시각자료가 ‘행동’ 속성을 지닌 개념을 구성하도록 인지적 조력을 제공해야 한다. 하지만 교과서에 제시된 시각자료는 압점, 통점, 냉점, 촉점, 온점의 감각점

에 대한 구성 요소들의 위치와 형태를 나타내는 ‘구조’ 속성을 지니고 있다. 따라서 시각자료는 학생들로 하여금 탐구활동에서 구성 가능한 개념 속성을 소단원의 목표 개념 속성에 도달하도록 충분한 인지적 노력은 제공하지 못하였다. 따라서, 학생들이 탐구활동에서 구성한 개념 속성과 시각자료에서 구성 가능한 구조적 속성의 개념을 바탕으로 온도적 감각을 어떻게 느낄 수 있는지 순차적인 과정에 대한 ‘행동’ 속성의 개념을 구성할 수 있도록 교사가 학생들의 사고를 촉진하는 질문을 제시하는 등의 인지적 지원을 제공해야 한다.



<그림 7> 피부의 온도 감각(B교과서, 346쪽)



<그림 8> 피부 감각(B교과서, 346쪽)

### 3.2.2. ‘기작’-‘행동’으로 일치하지 않은 경우

‘광합성’ 단원에 제시되어 있는 탐구활동(그림 9)과 시각자료(그림 10)는 증산작용에 대한 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하도록 지원한다. 그리고 탐구활동과 시각자료를 포함한 소단원에서는 증산작용이 일어나는 과정과 증산작용이 외부 환경 조건에 따라 지속적으로 조절된다는 ‘기작’ 속성의 개념을 구성하도록 지원한다.


탐구활동에서는 잎을 제거한 가지, 잎이 달린 가지, 잎 주변을 비닐봉지로 감싼 가지 중에 어떤 가지가 꽃힌 눈금 실린더의 물 높이가 가장 많이 줄었는지에 대한 변화를 관찰하는 현상 기반 추론과, 처치에 따른 실험결과를 비교 대조하여 어느 가지에서 증산작용이 더 잘 일어나는지 관계 기반 추론을 요구하는 질문이 제시되어 있다. 학생들은 증산작용이 얼마나 일어나는지를 눈금 실린더의 물 높이 변화를 통해 확인하고, 제시된 질문을 통해 물의 높이 변화하는 패턴을 증류수(행위체)의 관점에서 증산작용이 일어난 순차적인 과정에 대해 설명함으로써 ‘행동’ 속성의 개념을 구성할 수 있다.

해당 소단원에서 목표로 하는 개념은 증산작용에 의해 잎 속에 물이 기공을 통해 공기 중으로 빠져나가면 잎을 이루는 세포는 빠져나간 물을 보충하기 위해 줄기의 물관에서, 그리고 줄기의 물관은 뿌리에서부터 물을 끌어온다. 그러나, 비닐봉지를 씌운 가지에서는 물 분자라는 행위체가 외부 환경의 조건(습도, 빛, 온도)에 따라 이동하는 패턴이 달라지면서 증산작용이 일어나는 정도도 다를 것을 보여주고 있다. 따라서 소단원에 제시된 명제들을 통해 끊임없이 변화하는 외부 환경 요인(습도)에 따라 식물의 잎에서 물분자가 빠져나가는 증산량이 조절된다는 ‘기작’ 속성에 해당하는 개념을 구성하도록 지원한다.

이를 설명하기 위해 제시된 시각자료는 물이라는 행위체의 관점에서 증산작용이 일어나는 과정을 순차적으로 나타내고 있다. 이 때 탐구활동에서는 다루지 않았던 흙 속의 물을 삼투현상에 의해 뿌리로 흡수되는 과정부터, 잎의 증산작용으로 인해 뿌리에서 흡수된 물이 줄기를 타고

앞까지 이동하여 기공을 통해 방출되는 증산작용의 전반적인 과정을 한 눈에 시각화하여 나타내고 있다. 이 시각자료에서는 물 분자가 어떻게 증산작용이 조절되는 ‘기작’을 나타내고 있지 않고 물이 어떠한 힘에 의해 이동하여 증산작용을 일으키는지 과정만 표현되어 있다. 따라서 학생들은 탐구활동과 시각자료를 통해서 증산작용이 일어나는 과정인 ‘행동’ 속성을 지닌 개념까지만 구성하도록 지원하고 있다. 그리고 ‘기작’ 속성을 지닌 개념은 시각자료나 탐구활동 어디에서도 충분한 지원을 제공해주지 못하고 있음을 확인하였다.

증산작용에 대한 기존 연구에 따르면, 상당히 많은 학생들은 증산작용을 조절하는 기작에 대해 이해를 잘 못하거나, 잎의 세포 안에 물이 가득 차면 물을 배출하기 위해 기공을 연다거나 공변세포의 수축으로 기공이 열리고 닫힌다는 등의 오개념을 갖고 있었다(김동렬, 2012). 이는 학생들에게 기공이 개폐하는 원리에 대해 충분히 사고하도록 기회를 제공하지 못하였거나, 증산작용이 일어나는 원리를 설명함에 있어 삼투나 광합성과는 연결짓지 못하고 증산작용만 단독으로 다루고 있기 때문에 학생들이 증산작용 조절되는 원리에 대해서는 충분한 사고가 이루어지지

탐구 증산 작용 관찰
STEAM


**준비물**


잎이 달린 가지 3 개, 눈금실린더, 비닐봉지, 고무줄, 식용유, 물, 스포이트

**과정**

1. 3 개의 눈금실린더에 같은 양의 물을 넣고, 잎을 모두 떼어낸 가지 1 개와 잎의 크기와 개수가 비슷한 가지 2 개를 각각 넣는다.
2. 각 눈금실린더에 식용유를 한 방울씩 떨어뜨린다.
3. 눈금실린더 C의 가지에만 비닐봉지를 씌우고 공기가 통하지 않도록 비닐봉지 밑부분을 잘 묶는다.
4. 눈금실린더 A~C를 햇빛이 잘 비치는 창가에 1 시간 정도 두었다가 물의 양을 비교한다.

**결과 및 정리**

1. 물이 가장 많이 줄어든 눈금실린더는 어느 것인가?
2. 물이 줄어든 것은 무엇을 의미하는가?
3. 눈금실린더 C의 비닐봉지 속에서 어떤 변화가 나타났는가?



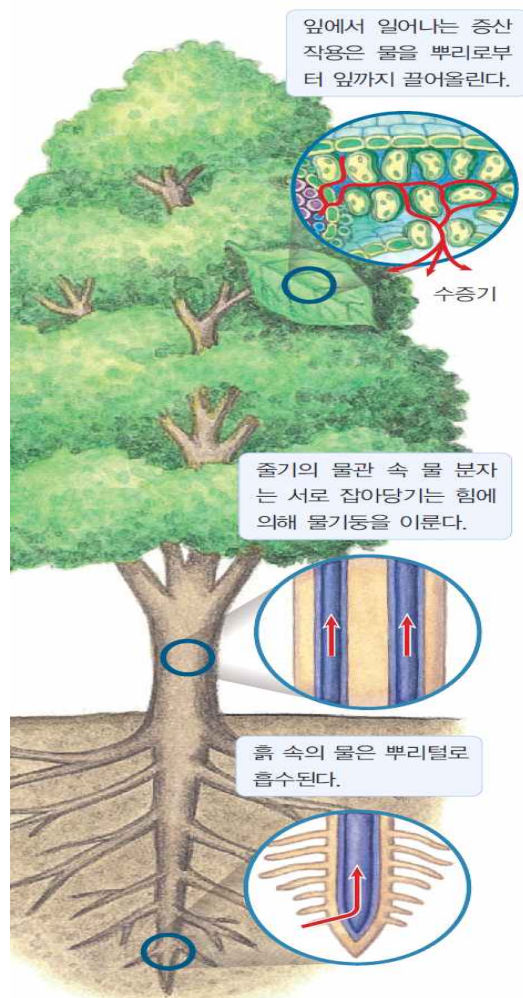
**탐구의 확장**

1. 잎이 10 장 달려 있는 나뭇가지가 꽂혀 있는 눈금실린더에서 1 시간 동안 줄어든 물의 양이 5 mL 라면, 1 시간 동안 잎 한 장을 통해 증발하는 양은 얼마인가? (단, 물의 증발은 잎을 통해서만 이루어진다고 가정한다.)
2. 잎 한 장의 넓이가 5 cm<sup>2</sup> 라면, 1 시간 동안 1 cm<sup>2</sup> 당 증발하는 물의 양은 얼마인가?

<그림 9> 증산 작용 관찰(C교과서, 177쪽)

못하고 있다.

따라서 학생들이 증산작용이 일어나는 과정을 나타내는 시각자료와 탐구 결과를 기반으로 삼투 현상과 광합성을 연결시켜 증산작용이 조절되는 원리를 사고할 수 있도록 교사는 다양한 추론을 촉진하는 질문을 제시하거나, 다양한 교수법(모형 구성 활동, 비유 활동) 등의 인지적 지원이 필요하다.



[그림 4-18] 증산 작용과 물의 이동

<그림 10> 증산 작용과 물의 이동  
(C교과서, 178쪽)

## V. 결론 및 제언

본 연구는 2009 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서 생명영역에 제시된 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념이 소단원의 목표 개념을 구성할 수 있도록 어떠한 인지적 지원을 하는지 탐색해보기 위해 수행하였다. 이를 위해 중학교 과학 교과서에 제시된 탐구활동 질문이 이끌어내는 추론 유형에 따라 어떠한 개념 속성을 구성하도록 지원하는지 알아보고 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념이 소단원에서 목표로 하는 개념을 충분히 지원해주는지에 대한 여부도 함께 확인하였다. 또한 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성과 일치하지 않은 경우, 두 개념 속성 간의 차이를 줄여주는 역할을 해주는 시각자료의 개념 속성도 함께 범주화하였다. 본 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 탐구활동의 질문에서 요구되는 추론에 따라 학생들이 구성할 수 있는 개념 속성에는 차이가 나타났다. 탐구활동에서 제시된 질문이 학생들에게 관찰 결과를 있는 그대로 묘사하도록 이끄는 현상 기반 추론을 요구하는 경우, '구조' 속성을 가장 많이 나타내고 있었고, 탐구 결과를 묘사하는 현상 기반 추론과 그러한 현상이 어떻게 일어나게 되었는지 작동 요인(행위체)에 대한 분명한 언급없이 사건의 변인들간의 인과관계를 통해 설명을 요구하는 관계 기반 추론을 이끌어내는 질문이 제시된 탐구활동은 '기능' 속성의 개념을 구성하도록 지원하였다. 그리고 탐구에서 나타난 현상을 직접 일으킨 요인(행위체)의 관점에서 순차적인 과정을 통해 인과관계를 설명하는 관계 기반 추론은 '행동' 속성을 지닌 개념을 구성하도록 지원하였다. 행위체가 작동하여 사건이 종결될 때 까지 일어나는 패턴을 관찰하고 이를 과학 모형 및 이론과 연계하여 설명을 요구하는 모형 기반 추론을 이끌어내는 질문은 행위체의 행동 속성에 따라 '행동' 속성을 지닌 개념을 구성하도록 지원하거나 '기작' 속성의 개념을 구성하도록 지원하는 것으로 나타났다. 탐구활동에서 관찰한 사실이 일어나게 된 인과관계를 여러 행위체들의 독립적이고 무작위적이며 지속적인 상호작용으로 설명하는 경우에는 '기작' 속성의 개념 구성을 지원하는



것으로 나타났다.

둘째, 소단원에서 목표로 하는 개념 속성과 탐구활동을 통해 구성할 수 있는 개념 속성이 대부분 유사하게 나타났으나, 소단원에서 ‘기작’ 속성의 개념 구성을 요구하는 경우에는 결과에 있어 차이가 나타났다. 목표 개념의 속성이 ‘구조’인 소단원은 6개로 전체의 3.8%에 불과하였으며, 이 경우에 탐구활동에서 구성할 개념의 속성도 ‘구조’에 해당하였다. 그러나 소단원의 목표 개념 속성이 ‘기능’, ‘행동’, ‘기작’인 경우에는 탐구활동에서 구성하는 개념 속성은 다양하지만 소단원의 목표 개념 속성보다 낮은 수준의 속성을 보임을 확인할 수 있다. 소단원의 목표 개념 속성이 ‘기능’인 경우에, 탐구활동의 56.0%는 구성 요소에 대한 역할 및 목적과 연결지어 ‘기능’ 속성의 개념을 구성하도록 지원하고 있으나, ‘구조’ 속성의 개념을 구성하게 하는 탐구활동도 44.0%에 달했다. 소단원의 목표 개념 속성이 ‘행동’인 경우, 생명현상에서 나타나는 변화 관찰을 토대로 해서 변화가 어떻게 일어나는지를 추론하게 함으로써 ‘행동’ 범주의 개념을 구성하게 하는 탐구활동이 대부분이었다. 하지만 이때도 소집단의 목표 개념 속성과 달리 ‘구조’나 ‘기능’ 범주의 개념 구성이 이루어지도록 지원하는 탐구활동이 있었다. 소단원의 목표 개념 속성이 ‘기작’인 경우에는 앞의 사례들과 달리 소단원과 동일한 ‘기작’ 속성을 구성하게 지원하는 탐구활동이 45.8%에 그쳤다. 이보다 ‘행동’ 속성의 개념을 구성하는 탐구활동이 47.9%로 많았는데, 이는 ‘기작’ 속성을 지닌 개념이 관찰하기 어려운 미시적 수준의 설명을 요구하는데 기인한다. 탐구활동에서는 한 요인이 다른 요인에게 직접적인 영향을 줌으로써 나타나는 물리적인 변화를 관찰하게 하는 경우가 많은데, 이러한 ‘직접적 효과’를 직관적으로 인식하게 하는 탐구활동에서는 ‘행동’ 범주의 개념 구성만이 가능하다. 따라서 ‘기작’ 속성의 목표 개념을 구성해야 하는 경우도 탐구활동에서 이러한 속성을 직접 관찰하기는 매우 어렵다. 이는 관찰 결과가 어떻게 나타났는지를 미시적 수준에서 추론하도록 돕는 교수 전략이 필요함을 시사한다.

셋째, 대부분의 교과서에 제시된 시각자료는 소단원에서 핵심적으로

다루는 개념을 표상화하고 있어(Pozzer, & Roth, 2003) 대부분의 시각자료가 소단원에서 목표로 하는 개념 속성과 일치하였음을 확인하였고, 이를 지원해주고 있었다. 이에 학생들이 탐구활동을 수행하면서 도달하지 못한 소단원의 목표 개념 속성을 시각자료를 통해 학습할 수 있다. 하지만 그러한 시각자료가 인지적 도움을 제공하지 못하는 경우도 일부 존재하였다.

소단원의 목표 개념과 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념 속성이 일치하지 않은 사례 56개 중에서 시각자료에서 나타내는 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성과 일치하지 않은 경우가 28개인 것으로 분석되었다. 그리고 28개의 사례는 소단원에서 목표로 하는 개념이 ‘구조’ 속성을 제외한 ‘기능’, ‘행동’, ‘기작’인 경우, 시각자료는 다양한 개념 속성을 나타내고 있었으나, 소단원의 개념 속성 보다는 낮은 수준을 보이고 있었다. 소단원의 목표 개념 속성이 ‘기능’인 경우, 시각자료에서 나타내는 개념 속성도 ‘기능’의 비중이 컸으며, 소단원의 목표 개념 속성이 ‘기작’인 경우, 시각자료에서 ‘기작’ 속성의 개념을 표상화한 비중이 크게 나타났다. 이로써 학생들은 관찰 가능한 패턴을 구성 요소들의 복잡하고 지속적인 상호작용으로 인해 일어난다는 것을 이해할 수 있다. 반면에, 소단원에서 목표로 하는 개념이 ‘행동’ 속성을 지닌 경우, 시각자료는 ‘구조’ 속성의 개념을 나타내는 경우가 ‘행동’ 속성보다 더 많이 나타났다. 학생들은 ‘구조’ 속성을 지닌 개념을 나타내는 시각자료를 통해 자연 현상을 일으키는 구성 요소의 형태를 직접 눈으로 확인하고, 그에 해당하는 기관의 구조를 이해할 수 있지만 구성 요소가 어떠한 순차적인 과정을 통해 현상이 나타나게 되는지에 대한 ‘행동’ 속성을 지닌 개념을 이해하는데 한계가 있다. 따라서 위의 시각자료들과 탐구를 바탕으로 학생들이 소단원의 목표 개념 속성에 도달할 수 있도록 교사는 모형 구성 활동이나 논변과 같이 사회적 상호작용을 통해 개념을 구성할 수 있는 다양한 교수법을 적용하거나 스캐폴딩, 비유 모형 등의 인지적 조력을 제공해야 할 필요가 있다.

본 연구에 대한 결과로부터 탐구활동이 과학 개념 구성을 지원할 수 있도록 하는 몇 가지 제안을 하고자 한다. 우선, 학생들이 구성해야 할 개념의 속성이 복잡하고 추상적이며, 고차원적인 사고를 요구하는 개념일수록 탐구활동의 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성과 불일치하는 경우가 나타났다. 소단원의 목표 개념과 탐구활동을 통해 구성 가능한 개념 속성이 일치하지 않은 경우, 학생들이 탐구활동을 통해 구성한 개념을 바탕으로 소단원의 목표 개념에 도달하게 하는 다른 인지적 지원이 필요하다. 교사는 탐구활동을 통해 구성하게 될 개념 속성과 소단원에서 목표로 하는 개념 속성을 사전에 파악하고, 소단원의 목표 개념에 도달할 수 있도록 질문이나 추가 활동 등을 통해 인지적 지원을 제공할 필요가 있다.

탐구활동의 개념 속성이 소단원의 목표 개념 속성과 일치하는 경우에도 ‘기작’ 속성의 개념을 구성하는 데는 학생들이 어려움을 겪을 수 있다. 과학 교과서에 제시된 탐구활동 질문이 모형 기반 추론과 같은 고차원적인 사고를 요구하는 경우에, 모형 기반 추론을 하는데 적절한 모형이나 개념(예: 공동 조상 개념)을 가져와서 이를 토대로 추론하기가 어려울 수 있다. 교사는 모형 기반 추론에 사용할 개념이나 원리를 확인하고 학생들이 이를 활용할 수 있도록 지원할 필요가 있다. 또한 모형 기반 추론이 필요한 경우에 단순히 관계 기반 추론에 머물게 함으로써 학생들로 하여금 목적론적인 관점으로 현상을 해석하게 할 수 있다. 이는 오개념을 유발하는 대표적인 예가 되므로 요인들 간의 직접적이고 단순한 인과적 상호작용에만 머무르지 않고 여러 요인들의 복합적인 상호작용에 의해 나타나는 집합적인 효과라는 점을 충분히 인식하도록 교사의 명시적인 안내가 필요하다.

둘째, 소단원의 목표 개념 속성과 탐구활동에서 구성할 수 있는 개념 속성이 일치하지 않은 경우, 이에 대한 차이를 줄여주는 매개 역할로 시각자료를 보았다. 교과서에 제시된 시각자료들은 대부분 학생들이 어려워하는 기작 속성에 해당하는 개념을 충분히 시각화하여 제시하였다. 하지만 일부 범주들에 대해서는 시각자료의 한계도 엿볼 수 있었다. 이에

교사는 소단원에서 학생들이 구성해야 할 개념속성을 고려하여 교과서에 제시한 시각자료가 어떠한 속성을 나타내고 있는지 파악해야 한다. 뿐만 아니라 학생들이 탐구활동을 통해 가질 수 있는 속성도 함께 예측하여 목표 개념 속성에 온전히 도달할 수 있도록 사고를 확장시킬 수 있는 질문이나, 학생들이 이해하지 못한 부분에 대해서는 교사가 교과서 지문을 잘 활용하여 학생들의 개념 구성 지원을 제공해야 할 것이다.

한편, 본 연구는 교과서만을 대상으로 분석하였기 때문에 탐구활동의 질문들이 학생들이 개념을 구성하도록 실제로 어떻게 지원하는지 알기 어렵다. 특히 ‘행동’이나 ‘기작’ 속성을 지닌 개념을 구성하도록 지원하기 위해서 요구되는 모형 기반 추론과 같은 높은 수준의 사고를 촉진할 수 있도록 실제 수업에서 학생들에게 어떠한 인지적 조력을 제공할 수 있는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

둘째, 소단원과 탐구를 통해 구성한 개념속성이 일치하지 않았을 때 학생들에게 시각자료가 목표 개념 속성에 도달할 수 있도록 적절한 인지적 조력을 제공해주는지에 대한 여부를 알아보는 연구가 필요하다. 마지막으로 시각자료 외에 학생들의 개념 구성을 위해 인지적 조력을 제공할 수 있는 다른 요인들은 없는지에 대해서도 추가적인 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- 교육과학기술부 (2011). 교육과학기술부 고시 제2011 361호
- 교육인적자원부 (1999). 과학과 교육과정. 서울 : 대한 교과서 주식회사.
- 권용주, 최상주, 박운복, 정진수 (2003). 대학생들의 귀납적 탐구에서 나타난 과학적 사고의 유형과 과정. *한국과학교육학회지*, 23(3), 286-298.
- 김동렬 (2009). Driver의 개념변화 학습 모형을 적용한 수업이 고등학생들의 식물의 광합성과 호흡의 오개념 교정에 미치는 효과. *한국과학교육학회지*, 29(6), 712-729.
- 김동렬 (2012). 증산작용 과학 영재수업에서 나타난 초, 중학교 과학 영재들의 선개념과 탐구 수행 능력 비교 분석. *교원교육*, 28(2), 23-47.
- 김미경, 김희백 (2007). 학생들이 제시한 질문의 유형 분석을 통한 개방적 참탐구 활동의 인지적 추론 측면의 효과. *한국과학교육학회지*, 27(9), 930-943.
- 김미영, 김희백 (2007). 모형기반 수업을 통한 혈액 순환 개념의 다차원적 분석. *한국생물교육학회지*, 35(3), 407-424.
- 김미영, 김희백 (2009). 중등 과학 교과서의 생명영역에 제시된 과학적 모형들의 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 29(4), 423-436.
- 김수정, 한재영 (2007). 고등학교 1학년 과학 교과서에 사용된 시각자료 분석. *과학교육논총*, 20(1), 1-11.
- 김애정, 박현주, 김찬중, 김희백, 유준희, 최승언 (2012). 중학교 과학 교과서 물질 영역의 과학적 모형 유형 분석. *대한화학학회지*, 56(3), 363-370.
- 김진옥 (2010). 교과서 소단원도입부 분석틀 및 교사와 학생의 교과서도입부에 대한 선호도 조사 : 10학년 '전기에너지' 소단원 중심으로. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 김혜진 (2009). 고등학교 생물 I 교과서에 포함된 시각자료의 유형과 효

- 과성. 단국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김희경, 송진웅 (2004). 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학 탐구활동 모형의 탐색. *한국과학교육학회지*, 24(6), 1216-1234.
- 민진선, 박지영, 김희백 (2004). 유전과 진화에 관한 학생의 대안 개념 분석 : 존재론적 속성을 중심으로. *생물교육*, 32(2), 158-172.
- 박시현, 우종옥 (1994). 한·일 국민학교 자연교과서 삽화 비교 연구. *과학교육논문집*, 4(1), 1-12.
- 박은주 (1998). 교실 수업에서 안내된 상호 질문 활동이 중학생의 힘 관련 단위 학습에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 박철규, 황진석, 곽대오 (2009). 한국과 미국고등학교 생물교과서 실험 활동의 탐구수준과 탐구기능 비교분석. *한국생물교육학회지*, 37(4), 631-644.
- 박효순, 조희형 (2003). 연구논문: 중학교 2 학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. *한국과학교육학회지*, 23(3), 239-245.
- 손영옥, 박윤배 (2002). 과학 교과서에 대한 중학교 교사와 학생들의 인식. *한국과학교육학회지*, 22(4), 740-749.
- 심규철 (2006). 국민 공통 기본교육 과정 과학과 생명영역 생식과 발생 단원의 탐구활동 분석. *한국생물교육학회지*, 34(3), 321-329.
- 예수경 (2011). 8학년 생물 탐구영역에서 교과서와 교사의 질문 유형과 수준 비교 분석. 경북대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 오영린, 정은영 (2012). 제 7차와 2007 개정교육과정의 중학교 과학 교과서 ‘식물의 영양’ 관련 단원의 탐구활동. *비교과학 교육연구*, 36(1), 35-48.
- 이기영 (2007). 6차와 7차 교육과정에 따른 고등학교 지구과학 교과서에 사용된 사진과 삽화의 기능 및 구조 비교 분석. *Jour. Korean Earth Science Society*, 28(7), 811-824.
- 이영미, 이신영, 김희백 (2015). 탐구의 개방수준과 지식의 추상수준에 따른 학생들의 지식 구성과 과학적 논변활동에 대한 이해. *생물교육*, 43(1), 50-69.

- 이춘승, 이미숙, 이길재 (2007). 중,고등학생들의 진화에 관한 오개념 유형과 유형별 원인 분석. *생물교육*, 35(4), 611-621.
- 임수민, 윤인애, 김영신 (2012). 교육과정 개정에 따른 7, 8학년 광합성 개념의 이해수준 차이 분석. *생물교육*, 40(2), 179-194.
- 정영란, 강경리 (1998). 광합성의 기본개념에 관한 학생들의 이해도 조사 및 오개념 분석. *생물교육*, 26(1), 1-7.
- 정영란, 배재희 (2002). 질문강화수업이 중학생들의 질문 수준과 학업 성취도에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 22(4), 872-881.
- 정주혜, 김희백 (2009). 연구논문: 교과서의 증거를 바탕으로 구성된 고등학생들의 진화적 설명에서 나타나는 논변 구조와 진화 개념 유형. *생물교육학회지*, 37(4), 526-542.
- 조현아, 장지은, 김희백 (2013). 데이터 출처 유형에 따른 중학생의 소집단 논변활동의 인식론적 수준. *한국과학교육학회지*, 33(2), 486-500.
- 한문현, 김희백 (2012). ‘먹이그물과 먹이 피라미드’ 모형 구성에서 나타나는 초등학생의 추론 유형. *한국초등과학교육학회지*, 31(1), 71-83.
- 허만규, 임채성 (2005). 고등학교 생물 1 교과서에 제시된 질문의 특성에 관한 연구. *생물교육학회지*, 33(1), 95-103.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Abruscato, J. (1988). *Teaching Children Science*. Eaglewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Arnaudin, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A Cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Bowen, G. M., & Roth, W. M. (2002). Why students may not learn to

- interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, 32, 303–327.
- Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22, 895–935.
- Chi, M. T. H. (2000). Cognitive understanding levels. In A. E. Kazdin (Ed.), *Encyclopedia of Psychology* (pp. 172–175). NY: Oxford University Press.
- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent process: why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Science*, 14(2), 161–199.
- Chi, M. T., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (pp. 3–27). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Chi, M. T. H., Chiu, M. H., & DeLeauw, N. (1991). *Learning in a Non-Physical Science Domain: The Human Circulatory System*. PA: Learning Research and Development Center.
- Chi, M. T. H., Roscoe, R. D., Slotta, J. D., Roy, M., & Chase, C. C. (2012). Misconceived causal explanations for emergent processes. *Cognitive Science*, 36, 1–61.
- Chi, M. T., Slotta, J. D., & DeLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27–43.
- Chin, C., & Chia, L. G. (2006). Problem based learning: Using ill structured problems in biology project work. *Science Education*, 90(1), 44–67.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential



- resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1–39.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883–908.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218.
- Chiu, M. H., Chou, C. C., & Liu, C. J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 688–712.
- Disessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman, & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age* (pp. 49–70). NJ: Erlbaum
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. London: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *Science Education*, 20(10), 1231–1256.
- Ge, X., & Land, S. M. (2004). A Conceptual framework for scaffolding ill-structured problem-solving processes using question prompts and peer interactions. *Educational Technology Research and Development*, 52(2), 5–22.
- Gerard, A. B., & Mandler, J. M. (1983). Ontological knowledge and

- sentence anomaly. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22(1), 105–120.
- Giere, R. N. (1997). *Understanding Scientific Reasoning*. TX: Holt, Rinehart & Winston.
- Han, J. & Roth, W. M. (2006). Chemical inscriptions in Korean textbooks: Semiotics of macro and microworld. *Science Education*, 90(2), 173–201.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A Typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.
- Keil, F. (1979). *Semantic and Conceptual Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- King, A., & Rosenshine, B. (1993). Effects of guided cooperative questioning on children's knowledge construction. *The Journal of Experimental Education*, 61(2), 127–148.
- Latour, B. (1987). *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. MA: Harvard University Press.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. C. Lovett., & P. Shah (Eds.), *Thinking with Data* (pp. 233–265). NJ: Erlbaum.
- Metz, K. E. (2011). Disentangling robust developmental constraints from the instructionally mutable: Young children's epistemic reasoning about a study of their own design. *The Journal of the Learning Sciences*, 20(1), 50–110.

- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15(1), 77–101.
- Özay, E., & Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68–70.
- Pozzer, L.L., & Roth, W.M. (2003). Toward a pedagogy of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 1089–1114.
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T., & Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1), 1–34.
- Roth, W. M. (1995). *Authentic School Science: Knowing and Learning in Open-Inquiry Science Laboratories*. Dordrecht: Springer.
- Slotta, J. D., Chi, M. T., & Joram, E. (1995). Assessing students' misclassifications of physics concepts: An ontological basis for conceptual change. *Cognition and Instruction*, 13(3), 373–400.
- Slotta, J. D., & Chi, M. T. H. (1996). Understanding constraint-based processes: A precursor to conceptual change in physics. In G. W. Cottrell (Ed.), *Proceedings of the Eighteenth 77 Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 306–311). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031–1055.

## Abstract

# Exploring the Possibilities of Students' Conception Construction through Inquiry Activities and Inscriptions in Middle School Science Textbooks

Eun-Jin, Jeong

Biology Education Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

The purpose of this research was to explore how scientific inquiry activities in middle school textbooks support students' construction of scientific conceptions. We analyzed what forms of reasoning students do while exploring the questions in each activity. On the basis of this analysis, we then inferred the aspects of conceptions that students can construct through each inquiry activity. Subsequently, we examined whether the inquiry activities provide sufficient support for students to understand the concepts targeted in each textbook subunit

that contains the inquiry activities. If inquiry activities did not provide enough support for students to understand the targeted concept in subunit, we considered that inscriptions would provide additional support for students to understand the targeted concept in subunit. So we analyzed which aspects of concept that inscriptions represented.

As indicated in the results, activities with questions that elicit different forms of reasoning supported the construction of different aspects of conceptions. Inquiries that foster phenomenon-based reasoning supported constructing 'structure' aspect of conceptions; inquiries that prompt phenomenon- or relation-based reasoning supported constructing 'function' aspect of conceptions; and inquiries foster model-based or multiple forms of reasoning supported constructing 'behavior' or 'mechanism' aspect of conceptions. The subunits usually feature inquiry activities that support the understanding of aspects of targeted concepts. However, when the aspects of targeted concepts are related to 'mechanism', the subunits typically present inquiry activities that support the construction of 'behavior' aspect of conceptions. The findings demonstrate that additional support other than inquiry activities is needed for students to understand 'mechanism' aspect of concepts through case analysis.

According to the analysis we conducted, in current middle school science textbooks, there are many inconsistencies between targeted concepts in subunit and conceptions that inquiry activity supports to be constructed. This inconsistencies demands high-dimensional thinking for students to construct complex and abstract concepts even after inquiry activities. Therefore, if teachers missed the inconsistencies, students might go through difficulties to understand subunit concepts.

Most of the inscriptions in textbooks, which we considered to provide additional support for students to construct targeted concepts, presented concepts that students were supposed to learn from the textbook. However, because of some inscriptions' inconsistencies with the targeted concepts, they were inferred to be not able to help students to compose the targeted concepts. This indicates that teachers should recognize what students are supposed to learn from each chapter, and identify whether inquiry activities and inscriptions presented in the textbooks are sufficient enough to support students to understand what the targeted concepts in the textbook are. If the inquiry activities and inscriptions are insufficient for students to reach the targeted concepts of subunit, teachers need to provide additional scaffolding such as asking questions to students which can facilitate students' idea or giving them opportunities to experience what they are supposed to learn.

This study contributes on understanding how the inquiry activities and inscriptions provide cognitive assistance to students to construct their conceptions. Moreover, this study suggest that if inquiry activities and inscriptions provide insufficient support for students to construct the targeted aspects of concepts, students may not only have difficulties to learn about the targeted concepts but also form misconceptions. Our results shed light on the support offered by inquiry activities in the construction of scientific conceptions and suggest the necessity of cognitive support in successful science learning.

**keywords :** Middle school science textbook, inquiry activities,  
scientific reasoning, inscriptions, aspects of conception  
*Student Number :* 2015-21633